Physics
JAN 9 - 1947

Akustische Zeitschrift

Im Auftrage der

DEUTSCHEN FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT

unter Mitwirkung der

DEUTSCHEN REICHSPOST und PHYSIKAL.-TECHN. REICHSANSTALT

herausgegeben von

MARTIN GRÜTZMACHER und ERWIN MEYER

1. Georg v. Békésy: Über die Stärke der Vibrationsempfindung und ihre objektive Messung 113
2. Hermann Meinel: Akustische Eigenschaften von Geigen verschiedener Klangqualität 124
3. Wolfgang Türk: Über die physiologisch-akustischen Kennzeiten von Ausgleichsvorgängen 129
4. Richard Bierl: Der Fehler bei der Lichtbandbreitenmessung an Schallplatten..... 145
5. Patentschau 148
6. Schrifttum 150
7. Nachrichten..... 168

Drittes Heft Fünfter Jahrgang Mai 1940

Verlag von S. Hirzel in Leipzig

Akustische Zeitschrift

Die Zeitschrift erscheint in 6 Heften je Jahrgang. Der Bezugspreis beträgt 10.— RM. je Jahrgang. Von den Originalbeiträgen und zusammenfassenden Berichten stehen den Verfassern 30 Sonderdrucke unberechnet zur Verfügung. Weitere Exemplare werden berechnet und müssen bei Rückgabe der Fahnenkorrekturen bestellt werden

Schriftleitung:

Dr. Martin Grützmacher, Oberregierungsrat und Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin NW. 87, Franklinstr. 22

Professor Dr. Erwin Meyer, Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule, Berlin NW. 87, Franklinstr. 1

*

Beiträge, sowie alle die Schriftleitung betreffenden Zuschriften werden erbeten an: Dr. Martin Grützmacher, Berlin NW. 87, Franklinstr. 22

WECO-DÄMMSTOFFE-DRP.

gegen **Schall jeder Art und Stärke** (z. T. auch Wärme) entsprechen den bisherigen Forschungsergebnissen, der neuzeitlichen Technik und den Forderungen der Praxis und Erfahrung und besitzen höchsten Dämmwert, gleichbleibende Dauerwirkung, größte Wirtschaftlichkeit, geringste Baustärke, beste Belastungsfähigkeit und weitgehende Immunität gegenüber allen normalen Einflüssen der Praxis.

Tausendfach bewährte WECO-Schalldämmungen auf Grund **25jähriger Erfahrungen** im In- und Ausland, **zahllose Referenzen** von staatlichen, städtischen, industriellen und sonstigen Bauten und Betrieben über von uns ausgeführte Schall-Dämmungen bei Fußböden, Wänden, Auflagern, Maschinen, Fundamenten usw.

WEISS & CO, LEIPZIG C1 / Weco-Schalldämmungen-DRP.

AKUSTISCHE ZEITSCHRIFT

Drittes Heft | Fünfter Jahrgang | Mai 1940

Über die Stärke der Vibrationsempfindung und ihre objektive Messung

Von Georg v. Békésy

(Mit 8 Textabbildungen)

Einleitung

Die Störschwingungen breiten sich zum Teil durch die Luft, zum Teil durch den Boden als Körperschwingungen aus. Nachdem es gelungen ist, den Störschall genügend zu dämpfen, war zu erwarten, daß die Vibrationsempfindungen die Aufmerksamkeit auf sich lenken werden. Um sie erfolgreich zu bekämpfen, ist die Messung der Vibrationsstärkeempfindung notwendig. Da zwischen der Schallempfindung und der Vibrationsempfindung weitgehende Analogie besteht, so gelingt es, die Stärke der Vibrationsempfindung nach ganz ähnlichen Gesichtspunkten zu messen, wie sie bereits bei der Lautstärkemessung verwendet wurden.

1. Über die Amplitudenabhängigkeit der Schwingungsübertragung

Wegen der Aufstellung einer Vibrationsstärkeskala ist es wichtig, festzustellen, ob die im menschlichen Körper entstehenden Schwingungsamplituden den Bodenschwingungen vollkommen proportional sind oder ob nichtlineare Verzerrungen auftreten. Da besonders an eine mechanische Gleichrichtung zu denken ist, so untersucht man diese nach E. Waetzmann am besten mittelst Schwebungen, wobei die sich bildenden Differenzschwingungen untersucht werden. Um die Differenzschwingungen möglichst gut beobachten zu können, wählt man einen Frequenzbereich für den die Schwelle mit abnehmender Frequenz möglichst wenig zunimmt. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, ist die Schwelle zwischen 7 und 30 Hz für den stehenden und sitzenden Menschen fast frequenzunabhängig. Es wurden daher Schwingungen von 23 und 30 Hz mit einer effektiven Schwingungsamplitude von je $3 \cdot 10^{-3}$ cm zusammengeschaltet und die auftretenden Differenzschwingungen von 7 Hz beobachtet. Beim Stehen oder Sitzen auf der schwingenden Unterlage ist die Differenzschwingung bei den angegebenen Schwingungsamplituden meist nicht festzustellen. Da sie nur bei gewissen Körperstellungen, insbesondere durch Krümmen der Wirbelsäule für kurze Zeiten beobachtbar wird und am Rücken abgetastet werden kann, so kommt beim Stehen oder Sitzen der Nichtlinearität keine praktische Bedeutung zu. Auch die Modulation einer Vibrationsempfindung von z. B. 20 Hz durch eine sehr kräftige Schwingung von 2 Hz wird wegen der kleinen Verzerrung nur bei ganz loser Körperstellung beobachtbar.

Ganz anders liegen jedoch die Verhältnisse an der Fingerspitze und der Hand, besonders bei seitlichen Hautverschiebungen. Hier ist die Differenzschwingung auch bei ganz langsamen Schwebungen deutlich zu erkennen, da unterhalb 20 Hz die Reizschwelle frequenzunabhängig ist[1]). Da die Vibrationsempfindung auf der Hand weniger durch die Muskel, sondern besonders durch die relative Verschiebung der Haut gegenüber der Unterlage entsteht, so kann hier durch seitliche Verschiebung der Haut die mechanische Gleich-

[1]) Akust. Z. 4 (1939), S. 316, Abb. 20.

richtung und die Stärke der Differenzschwingungen sehr gut geändert werden[2]).

Bei dem Sprachunterricht Gehörloser durch den Vibrationssinn scheint dieser Gleichrichtung an der Fingerspitze eine sehr große Bedeutung zuzukommen, denn durch sie wird die Hüllkurve der Schwingungsamplituden zu einer besonderen Empfindung. Da die Sprachfrequenzen durch den Vibrationssinn nur schwer ausgewertet werden können, so trägt die Amplitudenhüllkurve wesentlich dazu bei, den Rhythmus der Sprache zu erlernen.

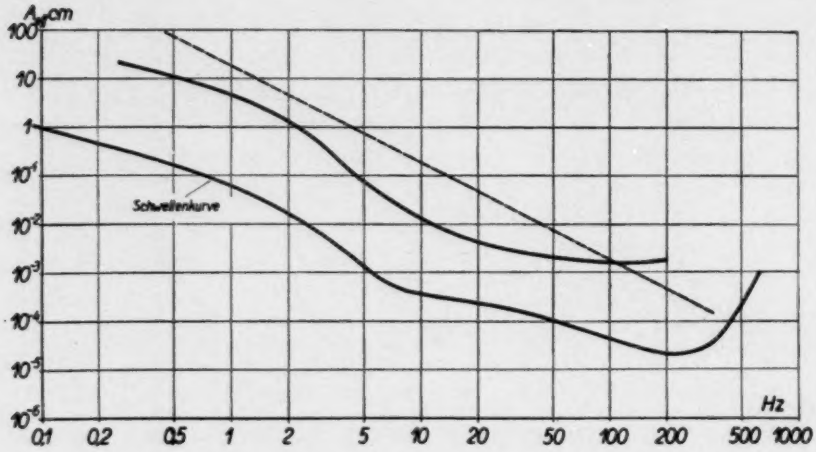


Abb. 1. Kurven gleicher Vibrationsstärke für den stehenden und sitzenden Menschen bei vertikalen Schwingungen[3])

Bei einer gleichförmigen Sinusschwingung gelingt es oberhalb 20 Hz kaum, die Schwingungsrichtung des getasteten Körpers festzustellen, denn man empfindet in den Fingern nur ein allgemeines Schwirren. Treten jedoch Amplitudenänderungen auf, so hat man sofort eine deutliche Empfindung der Schwingungsrichtung. Es ist wahrscheinlich, daß die Vibrationsnerven keine Richtung vermitteln, sondern nur die Drucknerven, die unterhalb 20 Hz zur Geltung kommen und bei einer Amplitudenänderung durch die Gleichrichtung gereizt werden.

Bedeutende nichtlineare Verzerrungen können auch durch Klirren entstehen. Die in der Abb. 1 punktiert ausgezogene gerade Linie gibt für vertikale Schwingungen und starre Körper die Klirrgrenze an, bei der die Beschleunigung der auf der schwingenden Platte liegenden Masse größer wird als die Erdbeschleunigung, so daß der Körper sich von der schwingenden Platte abhebt. Der stehende oder sitzende Mensch stellt nur unterhalb 5 Hz eine reine Masse dar, da nur bei diesen Frequenzen alle Körperteile gleichphasig schwingen, so daß für den Menschen die in der Abb. 1 dargestellte Klirrgrenze nur für diese Frequenzen gilt. Bei den höheren Frequenzen, wo die Elastizität des menschlichen Körpers zur Geltung kommt, liegt die Klirrgrenze höher, denn bei einem weichen Körper erzeugen die gleichen Schwingungsamplituden der Unterlage wegen der größeren Nachgiebigkeit kleinere Kräfte.

2. Ohmsches Gesetz, Verdeckung und Ermüdung beim Vibrationssinn

Da für den stehenden und sitzenden Menschen die Nichtlinearität der Schwingungsübertragung klein ist und keine Obertöne entstehen, so kann man den Einfluß einer Phasenverschiebung zwischen zwei sinusförmigen Schwingungen auf den Charakter der Vibrationsempfindung gut untersuchen. Zu diesem Zwecke wurden zwei Schwingungen mit einem Frequenzverhältnis von nahezu 1 : 3 auf gleiche Empfindungsstärke eingestellt und die langsamen Phasenänderungen zwischen den beiden Schwingungen beobachtet; ist die Phasendifferenz 0, so ist bekanntlich[4]) der Schwingungsausschlag nach beiden Seiten gleich, beträgt jedoch der Phasenunterschied 180°, so wird der Ausschlag nach beiden Seiten ungleich. Bei der Frequenz 2 und 6 Hz z. B. läßt sich die einzelne Periode deutlich verfolgen, so daß die Phasenänderung gut beobachtet werden kann, wobei besonders das Stoßen bei einer Phase von 180° auffällt. Es ist damit auch eine der Amplitudenzunahme entsprechende Stärkezu-

[2]) Akust. Z. 4 (1939), S. 316, Abb. 10.
[3]) Akust. Z. 4 (1939), S. 360.
[4]) Z. B. R. W. Pohl, Mechanik und Akustik (1930), S. 176, Abb. 303. Verlag Springer.

nahme verbunden. Bei den höheren Schwingungszahlen z. B. 40 und 120 Hz zeigt sich die Phasenänderung in der Form einer Rauhigkeitsänderung, wobei man die Empfindung hat, daß die tiefere Schwingung ihre Amplitude ändert.

Es läßt sich somit feststellen, daß unterhalb 20 Hz das Ohmsche Gesetz für den Vibrationssinn ungültig ist und erst bei den höheren Frequenzen der Phaseneinfluß schwächer wird. Es sind daher bei der Konstruktion des objektiven Stärkemessers die Phasenverzerrungen möglichst kleinzuhalten. Diese Forderung kann wegen der Notwendigkeit von Siebketten nur bis zu einem gewissen Grade erfüllt werden.

Eine Schwingungsverdeckung ähnlich der Tonverdeckung beim Hören tritt nicht auf. Im Gegenteil wird oft eine eben unterschwellige Schwingung durch eine zweite stärkere Schwingung über die Schwelle gehoben, auch dann, wenn durch die Schwingungen genau die gleiche Körperstelle gereizt wird und keine räumliche Trennung erfolgt.

Es ist interessant, festzustellen, daß in der Nähe der Schwelle für Schwingungen von z. B. 30—50 Hz keine Frequenzempfindung entsteht, sondern eine Art von Geräusch, das erst bei größeren Amplituden einen periodischen Charakter erhält. Man hat fast den Eindruck, daß bei der schwachen Reizung die unregelmäßigen elektrischen Entladungen der Nerven[5]) beobachtet werden können.

Die Ermüdungserscheinungen sind für Amplituden, die den 100fachen Schwellenwert nicht überschreiten, unterhalb 200 Hz recht klein und ergeben bei einer Schwingungseinwirkung von 5 sec höchstens eine scheinbare Amplitudenänderung von etwa 30%. Oberhalb 300—400 Hz werden sie bedeutend größer, doch sind sie großen persönlichen und örtlichen Schwankungen unterworfen.

3. Über die Kurven gleicher Vibrationsstärke

Die Konstruktion des objektiven Lautstärkemessers wurde dadurch erschwert, daß der Lautstärkeanstieg bei einer Schalldruckvervielfachung für die verschiedenen Frequenzen nicht der gleiche ist. Auch für den Vibrationsstärkemesser ist diese Schwierigkeit zu erwarten, besonders deshalb, da z. B. für vertikale Schwingungen der Körper nur bis zu etwa 5 Hz in gleichphasige Schwingungen versetzt wird, während bei den höheren Frequenzen die Schwingungen anfangs nur an der Berührungsstelle empfunden werden und sich erst mit zunehmender Schwingungsstärke auf den ganzen Körper ausbreiten. Somit wird die Reizschwelle an den verschiedenen Körperstellen je nach der Dämpfung der Schwingungen längst dem Körper bei verschiedenen Schwingungsamplituden erreicht. Da die Vibrationsempfindung an den verschiedenen Körperstellen nicht ganz gleichartig ist, so entsteht dadurch ein ungleichmäßiger Vibrationsstärkeanstieg.

Um für den stehenden Menschen und vertikale Schwingungen die Kurven gleicher Vibrationsstärke zu ermitteln, versetzten wir mittelst einer früher beschriebenen Anordnung[6]) eine in der Hand gehaltene Röhre in gedämpfte Drehschwingungen. Die Amplituden dieser Drehschwingungen wurden auf einen willkürlichen konstanten Wert eingestellt und die sinusförmigen Schwingungen des Schwingtisches[7]) solange vergrößert, bis die Vibrationsstärke in der Hand und diejenige des Schwingtisches gleich stark empfunden wurden. Hierauf wurde die Amplitude des Schwingtisches ausgemessen und in die obere Kurve der Abb. 1 eingetragen. Die Messungen wurden zum Teil so ausgeführt, daß abwechselnd der Schwingtisch und die Schwingungen in der Hand eingeschaltet wurden, während beim anderen Teil der Schwingtisch dauernd in Schwingungen blieb und die abklingenden Schwingungen der Hand zeitweise hinzugeschaltet wurden. Da die abklingenden Schwingungen der Hand von den sinusförmigen Dauerschwingungen gut getrennt werden können, so ergaben beide Methoden die gleichen Werte.

[5]) E. D. Adrian, The Basis of Sensation. New York.

[6]) Akust. Z. 4 (1939), S. 316.

[7]) Akust. Z. 4 (1939), S. 360.

Wie die Abb. 1 zeigt, verläuft die erhaltene Kurve mit der Schwellenkurve bis zu etwa 5 Hz vollkommen parallel. Bei 20 Hz jedoch tritt eine starke Annäherung ein. Um dies genauer zu untersuchen, wurden dem Schwingtisch abwechselnd sinusförmige Schwingungen von 10 Hz und einer zweiten Frequenz zugeführt. Die Dauer der einzelnen Schwingungsimpulse wurde so eingestellt, daß sich die Vibrationsstärkeempfindung jeweils vollständig ausbilden konnte. Zunächst wurde die Reizschwelle für 10 Hz und die Vergleichsfrequenz bestimmt, hierauf die Amplituden der Schwingungen von 0,5 Hz, 20 Hz und 100 Hz so eingestellt, daß beim Vergleich dieser Schwingungen mit einer willkürlich eingestellten Amplitude von 10 Hz Vibrationsstärkengleichheit eintrat. Die Amplitudenerhöhung über der Schwelle wurde für die Schwingungen von 10 Hz auf der Ordinate der Abb. 2 aufgetragen, während die Amplitudenerhöhung der damit verglichenen Schwingungen in der Abszisse

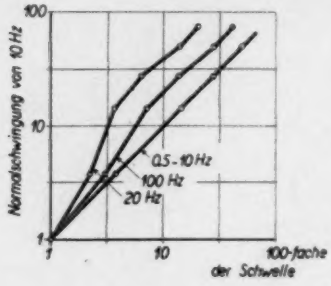


Abb. 2. Anstieg der Vibrationsstärke vertikaler Schwingungen für verschiedene Frequenzen

dargestellt ist. Wie zu ersehen, steigt die Vibrationsstärkeempfindung bei 20 Hz am stärksten an. Auch die Messungen von H. REIHER und F. J. MEISTER[8]) weisen darauf hin, daß die Empfindungsstärke bei 20 Hz rascher anwächst als bei den tieferen Frequenzen.

Die beim Sitzen für vertikale Schwingungen erhaltenen Kurven entsprechen vollkommen den beim Stehen erhaltenen Werten.

4. Vibrationsstärkeskala

Da der Anstieg der Vibrationsstärke mit der Schwingungsamplitude nicht für alle Frequenzen gleichartig erfolgt, so ist für die Herstellung einer Stärkeskala eine Normalfrequenz einzuführen. Für die Lautstärke wurde hierzu ein Normalton von 1000 Hz ausgewählt. Für die Vibrationsstärke empfiehlt sich eine Frequenz von 10 Hz. Denn abgesehen davon, daß es eine runde Zahl ist, lassen sich mechanische Schwingungen dieser Frequenz besonders leicht und rein herstellen. Auch lassen sich die meist in Betracht kommenden Schwingungsamplituden noch mikroskopisch ausmessen oder wenn notwendig mittelst gebräuchlicher Mikrophone und Verstärker ohne Schwierigkeiten auswerten.

Physiologisch erscheint eine Normalschwingung von 10 Hz deshalb zweckmäßig, da die entstehende Vibrationsempfindung etwa in der Mitte zwischen den möglichen verschiedenartigen Schwingungsempfindungen steht. Sie enthält ihrem Charakter nach noch viel von den Bewegungsempfindungen, die man bei langsamen Schwingungen hat und ist trotzdem bereits vibrationsartig und nähert sich einer zusammenfließenden Erscheinung. Hierdurch wird der Vibrationsstärkevergleich sehr erleichtert.

Wegen der Frequenzabhängigkeit des Vibrationsstärkeanstieges benötigt man bei Bearbeitung der Störschwingungen außer der Vibrationsstärke noch die Angabe, um wieviel sich die Schwingung über der Reizschwelle befindet. Hierfür hat bereits W. ZELLER[9]) den Ausdruck „Pal" geprägt. Die Stärke der Vibrationsempfindung bestimmt man zweckmäßig, ähnlich wie bei der Lautstärke[10]) durch Vergleich mit der Normalschwingung von 10 Hz. Bezeichnet A_1 die Schwingungsamplitude der gleichstarken Normalschwingung und A_0 die Schwingungsamplitude für 10 Hz an der Reizschwelle, so setzt man für die Vibrationsstärke

$$(1) \quad V = f\left(\frac{A_1}{A_0}\right) \times \text{Einheiten der Vibrationsstärke.}$$

[8]) H. REIHER und F. J. MEISTER, Forschg. 2 (1931), S. 381; F. J. MEISTER, Forschg. 6 (1935), S. 116.

[9]) W. ZELLER, Akust. Z. 2 (1937), S. 8, Bauing. 32/33 (1931), S. 586.

[10]) AEF., Aufgabe 55, Akust. Z. 3 (1938), S. 59, ETZ. 6 (1936).

Die Einheit der Vibrationsstärke könnte man vielleicht „Vibro" nennen.

Frühere Untersuchungen[11]) zeigten, daß bei 10 Hz die Empfindlichkeit des Menschen für vertikale Schwingungen größer ist als für horizontale. Es ist daher zweckmäßig, den Normalschwingungen eine vertikale Richtung zu geben, damit eine eventuelle Abweichung von der normalen Richtung am wenigsten stört. Da sich ferner der Vibrationsstärkenvergleich beim Stehen am leichtesten ausführen läßt, so soll als Normalschwingstärke die beim Stehen auf einer mit 10 Hz vertikal schwingenden Grundlage auftretende Empfindung gelten.

Als Bezugspunkt A_0 ergibt sich hierbei die Schwingungsamplitude an der Reizschwelle

$$A_0 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}.$$

Würde man nicht die Schwingungsamplituden in der Stärkeformel (1) einführen, sondern die im Mikroskop direkt ablesbaren Doppelamplituden, so würde sich für den Bezugspunkt $2A_0 = 0{,}001$ cm ergeben.

Ist es möglich, die zu messenden Schwingungen einem Schwingtisch zuzuführen, so können diese unmittelbar mit den Normalschwingungen verglichen werden. Hat man aber z. B. einen laufenden Motor zu messen, so bewährt es sich nicht neben dem Motor einen kleinen Schwingtisch aufzustellen und den Stärkevergleich so auszuführen, daß man sich abwechselnd auf den Motor und den Schwingtisch stellt. Denn der Vergleich wird sehr ungenau, da man durch die Körperbewegungen die Vibrationsstärkeempfindung verliert. Eine befriedigende Genauigkeit erhält man jedoch, wenn man mit dem Schwingtisch zunächst den subjektiven Vibrationsstärkemesser eicht und dann mit diesem die Motorschwingungen ausmißt. Bei einem Fahrzeug kommt nur die letzte Methode in Frage[12]).

Es wurde davon abgesehen, den subjektiven Stärkemesser direkt als Schwingungsnormale zu benutzen. Denn es erschien für die Praxis unerläßlich, kurze abklingende Schwingungen zu verwenden, da nur diese von den zu messenden Schwingungen in einem Fahrzeuge gut getrennt werden können. Bei diesen abklingenden Schwingungen hätte jedoch außer der Amplitude auch noch die Dämpfung der Schwingungen genormt werden müssen.

Es wäre wohl zweckmäßig, wenn für die Vibrationsstärke die gleiche Stärkeskala benutzt würde wie für die Lautstärke. Da bereits für die Lautstärke eine logarithmische Abhängigkeit[13]) vorgeschlagen wurde, so sollte entsprechend für die Funktion f in der Formel (1) gesetzt werden

$$V = f\left(\frac{A_1}{A_0}\right) = 20 \log \frac{A_1}{A_0}. \tag{2}$$

Die Einführung einer logarithmischen Abhängigkeit ist für die Akustik wegen des sehr großen Intensitätenintervalls meßtechnisch sehr bequem. Bei den Vibrationsempfindungen ist jedoch der praktisch in Betracht kommende Amplitudenbereich etwa 1 : 300, so daß man mit einer linearen Skala gut auskommen könnte, wenn man auf die Akustik nicht Rücksicht nimmt.

Beim Vibrationssinn wurde oft angegeben, daß eine logarithmische Abhängigkeit der Vibrationsstärke wegen des Weber-Fechnerschen Gesetzes den physiologischen Verhältnissen besonders entspricht. Trotzdem eine große Zahl von lebenswichtigen Erscheinungen eine logarithmische Abhängigkeit von der Reizstärke zeigt[14]), so läßt sich die allgemeine Gültigkeit des Weber-Fechnerschen Gesetzes, wie bereits W. Bürck, P. Kotowski, H. Lichte[15]) und K. W. Wagner[16]) gezeigt haben, nicht nachweisen, denn es kann eine Emp-

[11]) Akust. Z. 4 (1939), S. 360, Abb. 3, 5 und 6.

[12]) Eicht man den subjektiven Vibrationsstärkemesser, so ist es unter Umständen zweckmäßig, ihn nicht am Stiel, wie früher vorgeschlagen, anzufassen, sondern das ganze Gehäuse zu ergreifen. Dadurch empfindet man Stoßschwingungen, die sich bis zum Schultergelenk ausbreiten, so daß man auch im Körperinnern Schwingungen empfindet, wodurch der Vibrationsstärkevergleich sehr erleichtert wird.

[13]) AEF., Aufgabe 55, a. a. O.

[14]) R. Pauli, Über psychische Gesetzmäßigkeiten. Gustav Fischer, Jena 1920.

[15]) W. Bürck, P. Kotowski und H. Lichte, Ann. Phys., Lpz. 5, 27 (1936), S. 664.

[16]) K. W. Wagner, Z. Hochfrequenztechn. 52 (1938), S. 14.

findungsstärke nicht direkt zahlenmäßig mitgeteilt werden.

Für langsame Schwingungen unterhalb 4 Hz besteht nun hiervon eine Ausnahme. Denn bei diesen Frequenzen hat man eine ganz deutliche Schwingungsempfindung, bei der man die empfundene Amplitude gut schätzen kann. Es wird auf diese Weise möglich, die Empfindung mit dem Reiz direkt zu vergleichen.

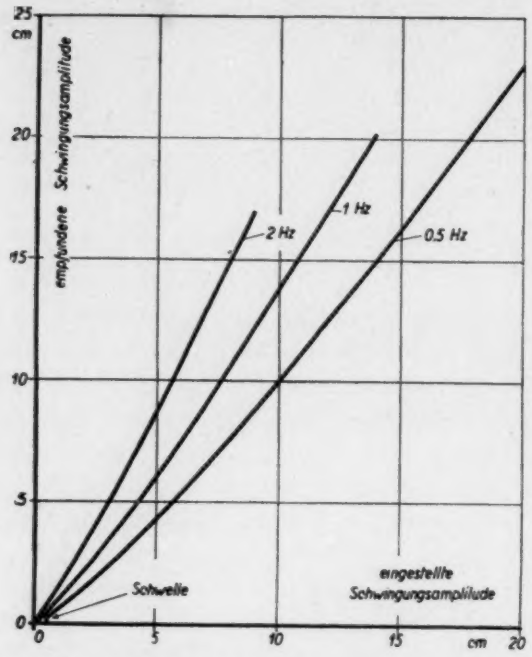


Abb. 3. Für vertikale Schwingungen erhaltene Beziehung zwischen der empfundenen und der wirklichen Schwingungsamplitude

Man stellt sich zu diesem Zweck auf die schwingende Waage und projiziert bei geschlossenen Augen die Schwingungsempfindung auf das schwingende Brett. Schätzt die scheinbare Amplitude und vergleicht sie nachher mit einem Maßstab. In der Abb. 3 sind aus einer sehr großen Zahl von Messungen die Mittelwerte eingetragen, wobei die Abszisse die doppelte Schwingungsamplitude des Fußbodens und die Ordinate die empfundene doppelte Schwingungsamplitude darstellt. Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung war bei allen Beobachtern fast linear. Die einzelnen Beobachter unterschieden sich nur durch einen konstanten Faktor.

Man könnte der Ansicht sein, daß die empfundene Schwingungsamplitude etwas Angelerntes ist. Dies trifft jedoch nicht zu, da bei offenen Augen trotz der Kenntnis der wirklichen Schwingungen die empfundenen Schwingungen nicht beeinflußt werden. Vielmehr scheint die empfundene Schwingungsamplitude von den Spannungsempfindungen in den Muskeln abzuhängen, da bei einer Frequenzerhöhung die empfundenen Schwingungsamplituden gegenüber den wirklichen sehr stark ansteigen. So kommt es vor, daß bei 4 Hz eine Schwingung von 1 mm auf 2 cm geschätzt wird. Oberhalb 4 Hz lassen sich keine Beobachtungen mehr ausführen, da der Körper nicht mehr phasengleich schwingt.

Es läßt sich bei diesen Messungen deutlich feststellen, daß die kleinste eben wahrnehmbare Änderung der empfundenen Schwingungsamplitude bei den kleinen Amplituden viel kleiner ist als bei den großen. Es trifft also hier die erste Voraussetzung des Weber-Fechnerschen Gesetzes, wonach die eben wahrnehmbaren kleinsten Empfindungsstärkenänderungen konstant sind, nicht zu.

5. Über einen objektiven Vibrationsstärkemesser

Zur Konstruktion eines Stärkemessers bestehen prinzipiell zwei Möglichkeiten. Das eine Mal geht man von einem einzelnen Stoß aus, untersucht dessen Stärke und nähert sich dann durch periodisches Wiederholen der Stöße den Sinusschwingungen. Im zweiten Fall geht man von sinusförmigen Schwingungen aus, verkürzt allmählich die Einschaltdauer der Schwingungen und nähert sich so dem einzelnen Stoße. Bei der Lautstärkemessung wurden beide Wege beschritten[17]), doch scheint die letzte Methode einfachere Meßanordnungen zu ergeben, da die Sinusschwingungen leichter behandelt werden können wie die Einschaltvorgänge. Es wurde daher versucht, die von E. Meyer und W. Wilms[17]) bei der Lautstärke-

[17]) U. Steudel, Z. Hochfrequenztechn. 41 (1933), S. 123. E. Meyer und W. Wilms, Z. VDI. 76 (1932), S. 983; F. Trendelenburg, Wiss. Veröff. Siemens-Konz. 8 (1929), S. 228, Naturwiss. 41 (1931), S. 937.

messung gemachten Erfahrungen auf die Vibrationsstärkemessung zu übertragen. Danach ist zu erwarten, daß es gelingt, durch Nachbildung der Ansprechzeiten der Nerven und der Kurven gleicher Vibrationsstärke einen Stärkemesser herzustellen, der nur für besondere Ausnahmefälle unrichtige Werte anzeigt.

Da besonders unterhalb 0,5 Hz in der Praxis oft Schwingungen mit einer Amplitude von mehr wie 10 cm vorkommen, so kann man zur Umwandlung der mechanischen Schwingungen in elektrische kein tief abgestimmtes System verwenden. Denn bei diesem bleibt der Meßkörper in Ruhe, so daß gegenüber dem schwingenden Gehäuse unbequem große Relativbewegungen auftreten würden. Man muß daher ein hoch abgestimmtes System benutzen, das die Beschleunigung des Untergrundes anzeigt.

Beschwert man die Zunge eines CREED-Systemes mit einer Masse, so läßt sich damit ein guter elektromagnetischer Beschleunigungsmesser bauen. Doch zeigten leider die Versuche, daß in der Nähe von Elektromotoren die magnetische Schirmung umständlich und unsicher wird. Es blieb daher nur der rein elektrische Beschleunigungsmesser übrig.

Da die Messungen sich bis zu 0,1 Hz erstrecken sollten, so ergaben sich bei den piezoelektrischen Systemen für die Isolation zu große Werte, die im Betrieb schwer eingehalten werden können. Daher wurde ein kapazitiver Beschleunigungsmesser benutzt. Der Kondensator hatte eine Fläche von 10 cm² und es wurden 20 Aluminiumfolien, jeweils durch eine Styroflexfolie von 0,02 mm[18]) Dicke getrennt, übereinandergeschichtet. Die *Al*-Folien wurden durch Aufdrücken auf eine Mattglasscheibe aufgerauht. Die Gesamtkapazität betrug mehr als 8000 pF und änderte sich um 10%, wenn der Beschleunigungsmesser umgelegt wurde. Ist die Kapazität auf 100 Volt aufgeladen, so ändert sich daher bei einer Beschleunigung von 1 cm/sec² die Spannung um etwa 5 mV.

Um auch in einem lärmenden Betrieb einwandfrei die Schwingungen messen zu können, ist es wichtig, daß die Beschleunigungsmessungen durch den Luftschall nicht beeinflußt werden. Meist genügt es nicht, den Beschleunigungsmesser mit einer Metallhülle zu umgeben, da die tiefste Eigenschwingung der Hülle oft in der Nähe von 300 Hz liegt und für diese Frequenz die Schalldämmung sehr klein ist. Wirksam läßt sich der Einfluß des Luftschalles unterdrücken, wenn die schwingende Masse vergrößert wird, denn dadurch läßt sich die Empfindlichkeit für die Beschleunigung vergrößern, ohne daß sie für den Schall geändert wird. Ferner ist es zweckmäßig, die Kondensatorfläche möglichst klein zu nehmen.

Die nötige schwingungsfähige Masse m läßt sich berechnen, wenn man aus der empfindlichsten Stelle der Schwellenkurve mit der Frequenz n und der Schwellenamplitude A die kleinste zu messende Beschleunigungskraft auf m berechnet und annimmt, daß diese Beschleunigungskraft wenigstens 10mal größer sein muß als der auf den Kondensator mit der Fläche F durch den Schalldruck P in der Metallhülle ausgeübte Druck, d. h.

$$\frac{m \cdot (2\pi n)^2 \cdot A}{F \cdot P} = 10\,. \tag{3}$$

Der von uns für geräuschvolle Räume benutzte Beschleunigungsmesser hatte eine Schwingmasse $m = 400$ g. Das Gehäuse des Beschleunigungsmessers wurde so leicht wie möglich gebaut, wodurch die Klirrgrenze beim Liegen auf der schwingenden Unterlage nicht beeinflußt wird. Dagegen wurde die bei etwa 550 Hz liegende Eigenfrequenz des Beschleunigungsmessers stark gedämpft, da, wie aus Abb. 1 ersichtlich, die für vertikale Schwingungen eingezeichnete Klirrgrenze sich schon ohne Resonanz für hohe Frequenzen der Schwelle stark nähert.

Zur Registrierung der Kapazitätsänderungen ist wohl die Brückenschaltung mit Trägerfrequenz die schönste Methode[19]). Sie hat aber hier den Nachteil, daß eine Neigung des Beschleunigungsmessers sofort das Brückengleichgewicht stört. Es wurde daher versucht, die am Kondensator auftretenden Spannungsänderun-

[18]) Folien z. B. aus Mipolan zeigten oft unregelmäßige piezoelektrische Erscheinungen.

[19]) F. J. MEISTER, Akust. Z. 3 (1938), S. 271.

gen unmittelbar zu verstärken. Der gesamte Vibrationsstärkemesser ist in der Abb. 4 dargestellt.

Da die Kapazität des Beschleunigungsmessers nicht genügt, um bis 0,1 Hz die Spannungen verlustfrei zu verstärken, so führt man zweckmäßig durch einen Widerstand eine negative Rückkopplung ein. Durch diese wird die Frequenzcharakteristik der ersten Verstärkerröhre ausgeglichen[20]), was so wirkt, als wäre die Kapazität des Beschleunigungsmessers vergrößert worden. Auch bei gewöhnlichen Kondensatormikrophonen für Schalldruckmessung bewährte sich diese Schaltung.

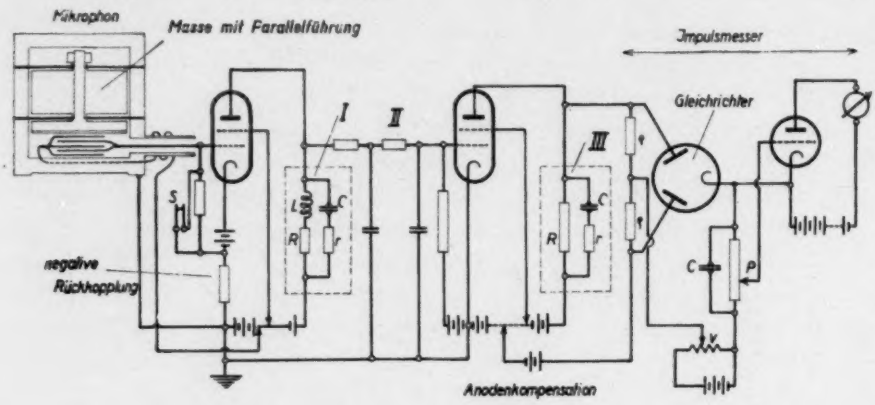


Abb. 4. Objektiver Vibrationsstärkemesser

Die Zuleitung zum Kondensatormikrophon besteht aus einem koaxialen Kabel mit geerdetem Mantel. Auf diesen Mantel ist, wie die Abbildung zeigt, ein isolierter Draht gewickelt, der zu dem äußeren Belag des Kondensators führt. Die Empfindlichkeit des Mikrophons wird durch Ändern der Kondensatorvorspannung grob eingestellt. Um dabei größere Spannungsstöße zu vermeiden, bleibt durch den Schalter *S* der Gitterableitungswiderstand dauernd kurzgeschlossen und wird nur kurz vor der Messung geöffnet. Wegen den großen Zeitkonstanten kann nämlich der Verstärker durch einen großen Spannungsstoß für mehr wie 40 sec von dem normalen Arbeitspunkt verdrängt werden. Aus diesem Grunde ist es auch zweckmäßig, die Zeitkonstanten so zu wählen, daß 0,1 Hz, die tiefste noch zu messende Frequenz, eben noch linear nicht verzerrt wird.

Die Eichung auf der schwingenden Waage zeigte, daß das Mikrophon bis zu 500 Hz ein reiner Beschleunigungsempfänger ist und die Empfindlichkeit mit dem Quadrat der Frequenz ansteigt. Will man daher durch den Verstärker die Frequenzabhängigkeit der Kurven gleicher Vibrationsstärke (Abb. 1) nachbilden, so muß der Verstärker für vertikale Schwingungen die in der Abb. 5 dargestellte Frequenzabhängigkeit aufweisen. Um dies zu erreichen, wurde der innere Widerstand der Röhren verhältnismäßig groß gewählt und durch eine einfache Kondensator-Widerstandsschaltung III hinter der zweiten Röhre erreicht, daß die Empfindlichkeit des Verstärkers von 0,1 Hz bis zu 2 Hz abnimmt und von hier ab konstant bleibt. Durch einen Resonanzkreis I hinter der ersten Röhre konnte die Empfindlichkeitssteigerung der Schwellenkurve bei 7,5 Hz erhalten werden. Dabei wählt man die Dämpfung des Resonanzkreises möglichst groß, damit keine störenden Einschwingvorgänge auftreten. Bei der großen Vibrationsstärke (in Abb. 5 punktiert gezeichnet) muß die Empfindlichkeit

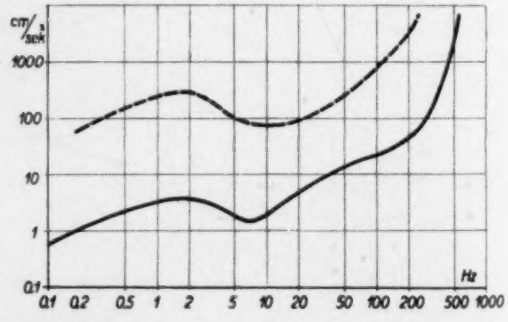


Abb. 5. Die zur Nachbildung der Kurven gleicher Vibrationsstärke benötigte Frequenzcharakteristik des Verstärkers bei einem Beschleunigungsempfänger

[20]) H. S. Black, Bell Syst. techn. J. 13 (1934), S. 1.

des Mikrophons und die Schaltung des ersten Siebes geändert werden, da die beiden Kurven nicht gleichartig verlaufen. Da der Resonanzkreis I die größten Amplitudenänderungen erzeugt, so ist es zweckmäßig, ihn gleich hinter die erste Röhre zu legen, denn bei den entsprechend großen Impedanzänderungen wird für die hohen Frequenzen seine Impedanz so klein, daß die entstehende Wechselspannung noch eine Verstärkerröhre braucht, um soweit verstärkt zu werden, daß das Röhrenvoltmeter noch vollständig ausgesteuert werden kann, ohne daß die erste Röhre bereits übersteuert wird. Brauchbare Siebe für vertikale Schwingungen ergaben die folgenden Werte:

		Schwellenkurve	Starke Schwingungen
Sieb	I	C = 0,45 μF	0,1 μF
		L = 1000 H	1000 H
		R = 35000 Ohm	70000 Ohm
		r = 5000 Ohm	0
Sieb	III	C = 10 μF	10 μF
		R = 100000 Ohm	100000 Ohm
		r = 20000 Ohm	20000 Ohm

Oberhalb 200 Hz nimmt die Empfindlichkeit gegenüber den Schwingungen sehr stark ab. Man schneidet daher zweckmäßig diese Frequenzen mit einer Siebkette II ab.

Durch diese Nachbildung der Frequenzabhängigkeit der Kurven gleicher Vibrationsstärke kann man bereits die Vibrationsstärke sinusförmiger Schwingungen objektiv messen. Bei kurzen Stößen dagegen ist noch die Ansprechzeit der Vibrationsempfindung zu berücksichtigen. Wie bereits früher dargestellt wurde[21]), braucht beim Finger die Vibrationsempfindung etwa 1 sec, bis sie sich vollständig ausbildet. Diese Messungen wurden mit 25 Hz auch für den auf der schwingenden Waage stehenden und sitzenden Menschen wiederholt. Dabei diente als Schwingungsantrieb wie früher ein rotierender Exzenter, der über eine biegsame Welle mit einem Zahnrad verbunden war. Dieses Zahnrad wurde nun durch einen kräftigen Elektromagneten abwechselnd an ein rotierendes oder stillstehendes Zahnrad gedrückt. Die entstehenden Schwingungen wurden mit einem elektromagnetischen Mikrophon aufgenommen und oszillographiert. Mit dem subjektiven Vibrationsstärkemesser wurde die Abnahme der Vibrationsstärkeempfindung mit kleiner werdender Einschaltzeit der Schwingungen verfolgt.

Bei mittlerer Stärke läßt sich nach diesen Messungen der zeitliche Anstieg der Vibrationsstärke gut nachbilden durch die Aufladung eines Kondensators über einen Widerstand, wenn RC zwischen 0,4 und 0,5 sec liegt.

Zur Nachbildung der Ansprechzeit dient der Impulsmesser[22]) in der Abb. 4. Die am Sieb III auftretende Wechselspannung wird gleichgerichtet und lädt den Kondensator C über dem Widerstand ϱ auf. Die entstehende Kondensatorspannung wird an einem Röhrenvoltmeter abgelesen, wobei mit zunehmender Spannung der Anodenstrom immer kleiner wird, so daß Überspannungen das Instrument nicht gefährden. Die kleine Vorspannung V dient dazu, um die Anlaufspannung der Gleichrichterröhre zu kompensieren. Leider muß der Impulsmesser direkt ohmisch an den Anodenwiderstand der letzten Röhre angeschaltet werden, so daß eine Anodenstromkompensation notwendig wird. Denn bei Ohmscher Schaltung zeigt der Impulsmesser immer die Spitzenspannungen an, während beim Dazwischenschalten eines Kondensators auch dieser durch den Gleichrichter aufgeladen wird, so daß sich die Spannungsspitze auf beide Kondensatoren verteilt und sich der Kondensator C bei einem Impuls nicht mehr auf die maximale Spannung auflädt, sondern durch die Restladung des Kopplungskondensators beeinflußt wird. Bei höheren Frequenzen kann unmittelbar der Gitterstrom der Verstärkerröhre zur Gleichrichtung verwendet werden, da die dem Anodenstrom überlagerten Wechselströme keinen Ausschlag des Gleichstrominstrumentes bewirken. Bei den vorkommenden tiefen Frequenzen ist jedoch eine besondere Gleichrichterröhre zu verwenden, damit das Röhrenvoltmeter keine Wechselspannung erhält.

[21]) Akust. Z. 4 (1939), S. 332. Im Text soll es statt 0,12 sec 1,2 sec heißen.

[22]) D. Thierbach, Z. techn. Phys. 9 (1928), S. 438.

Um die maximalen Aufladespannungen des Kondensators C gut ablesen zu können, wählt man seine Entladezeit zu etwa 10 sec.

Da bei der Vibrationsstärkemessung nicht die Durchschnittstärke, sondern die Maximalstärke gemessen werden soll, so braucht man bei der objektiven Meßeinrichtung die Abfallzeit der Vibrationsempfindung nicht zu berücksichtigen.

Sie ist jedoch physiologisch interessant, da sich Abklingzeiten bis zu 0,6 sec ergeben, was auf chemische Vorgänge im Nervensystem hinweist.

Um die Abklingzeit zu messen, stellt man eine Dauerschwingung her, deren Amplitude für kurze Zeit um ein gewisses Vielfache verkleinert wird und setzt diese Verkleinerung soweit fort, bis gegenüber dem vollständigen Ausschalten der Schwingungen kein Unterschied mehr auftritt. Es ist dann die in der Pause eben nicht mehr wahrnehmbare Schwingungsamplitude ein Maß für den erfolgten Abfall der Vibrationsstärke. Die benutzte Schaltung ist in der Abb. 6 angegeben, wobei durch den Schalter U der Dauerton unterbrochen wird, während durch das Potentiometer die Schwingungsamplitude in den Pausen geändert wird. Beim Ausschalten von S_2 wird die Dauerschwingung vollkommen unterbrochen.

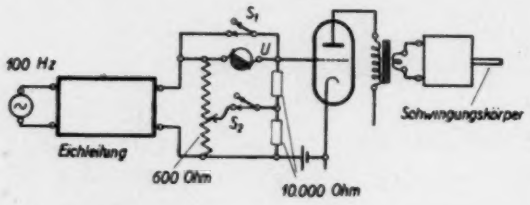


Abb. 6. Anordnung zur Messung der Zerfallzeit der Vibrationsstärkeempfindung

Der erhaltene Vibrationsstärkezerfall ist für 100 Hz und zwei verschiedene Ausgangsamplituden in der Abb. 7 dargestellt.

Die Messung subjektiv gleich stark empfundener verschiedenartiger Stöße und Sinusschwingungen zeigte, daß bei vertikalen Schwingungen der objektive Vibrationsstärkemesser seinem Zweck vollkommen entspricht, denn die Abweichungen waren kleiner als 5 db. Eine solche Amplitudenänderung wird zwar als sehr groß empfunden, doch ist zu berücksichtigen, daß die benutzte Schwellenkurve einen Mittelwert für den stehenden und sitzenden Menschen darstellt. Es zeigt sich auch, daß bei einer großen Zahl von Messungen sich der Mittelwert den objektiv gemessenen Werten nähert.

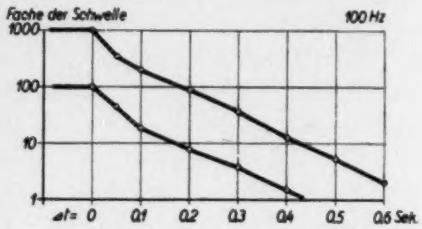


Abb. 7. Zeitlicher Zerfall der Vibrationsstärke

Allerdings lassen sich auch Fälle konstruieren, wo die Abweichungen größer werden. Stellt man z. B. zwei gleichstark empfundene Sinusschwingungen von 0,5 und 50 Hz her, so verdoppelt der objektive Stärkemesser beim Zusammenschalten der beiden Schwingungen seinen Ausschlag, denn die Spannungsspitzen werden zweimal größer. Demgegenüber beobachtet man beim Zusammenschalten keine Zunahme der Vibrationsstärke, denn die beiden Sinusschwingungen setzen ganz verschiedene Teile des Körpers in Schwingungen und sind ihrem Charakter nach so verschieden, daß man sie ganz getrennt empfindet. Wird der Frequenzabstand zwischen den beiden Schwingungen kleiner, so fließen sie zusammen und ergeben sofort beim Zusammenschalten eine Erhöhung der Vibrationstärke. In der Abb. 8 wurde zu einer konstanten Schwingung von 7,5 Hz und

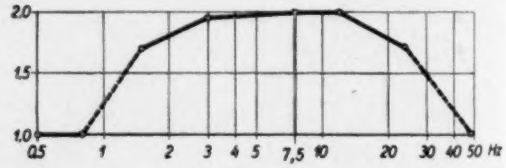


Abb. 8. Addition zweier gleich starker Vibrationsempfindungen verschiedener Frequenz

mittlerer Stärke eine zweite gleichstark empfundene Schwingung hinzugeschaltet und die entstehende Vibrationsstärkenerhöhung dadurch gemessen, daß nach dem Ausschalten der zweiten Schwingung die Amplitude von 7,5 Hz entsprechend erhöht wurde. In dem punktierten Frequenzbereich sind die Messungen ungenau, da bei einzelnen Beobachtern ein vollständiger Zerfall der beiden Schwingungen auftritt, während bei anderen sich die Stärken addieren. Doch ist aus der Abbildung zu ersehen, daß bei einem größeren Frequenzabstand als zwei Oktaven keine Stärkeaddition mehr erfolgt. Dies gilt jedoch nur für sinusförmige Dauerschwingungen, denn bei kurzen Schwingungsimpulsen fließen die Schwingungen zusammen. Da es ferner selten vorkommen dürfte, daß zwei weit voneinander liegende Dauerschwingungen auch noch gerade gleiche Vibrationsstärke aufweisen, so wird es verständlich, daß man in der Praxis diesem Falle nur äußerst selten begegnen dürfte. Auch bei dem objektiven Lautstärkemesser störten die analogen Verhältnisse wenig.

Für exakte Messungen genügt es nicht, nur die vertikalen Schwingungen zu messen, sondern man muß auch die horizontalen Schwingungen berücksichtigen. Zu diesem Zwecke schaltet man die den horizontalen Schwellen[23]) angepaßten Siebketten ein und dreht das Mikrophon in einer horizontalen Ebene solange, bis der maximale Ausschlag erhalten wird. Ist dieser größer als der für vertikale Schwingungen beobachtete Ausschlag, so gibt dieser die Vibrationsstärke an. Durch diese Zerlegung der schiefen Schwingungen in eine horizontale und vertikale Komponente mißt man maximal um $\sqrt{2}=3$ db zu kleine Werte. Es kann daher zweckmäßig sein, die Gesamtverstärkung um 1 db zu heben, um auch für die schiefen Schwingungen einen besseren Mittelwert zu erhalten.

Da der Anstieg der Vibrationsstärkeempfindung bei zunehmenden Schwingungsamplituden für die horizontalen und vertikalen Schwingungen fast gleich ist, so berechnen sich für die Siebketten für horizontale Schwingungen die folgenden Werte:

Sieb III, für alle horizontalen Messungen

C = kurz geschlossen
R = 100000 Ohm
r = 56000 Ohm

Sieb I, beim Sitzen

Schwellenkurve		Starke Schwingungen	
C =	0,6 μF	C =	0,5 μF
L =	5000 H	L =	5000 H
R =	75000 Ohm	R =	60000 Ohm
r =	6000 Ohm	r =	20000 Ohm

Sieb I, beim Stehen

Starke Schwingungen		
C =	1	μF
L =	0	
R =	100000	Ohm
r =	80000	Ohm

Für die Schwellenkurve muß ein Widerstand R = 100000 Ohm verwendet werden, dem die Reihenschaltung einer Induktion L = 1000 H, eines Widerstandes r = 11000 Ohm und eines Kondensators C = 0,03 μF, parallel geschaltet ist.

Von der Herstellung eines 3-Komponenten-Gerätes wurde abgesehen, denn es zeigt sich, daß bei Systemen mit vielen Freiheitsgraden infolge der gegenseitigen Kopplungen seitliche Stöße sich auch rasch auf vertikale Richtungen ausbreiten, so daß, abgesehen von einigen Spezialfällen, meist die Festsetzung der maximal zulässigen vertikalen Schwingungen zur Störbegrenzung genügt.

Zusammenfassung

Es wird zunächst die Linearität der Schwingungsübertragung auf dem menschlichen Körper untersucht und gezeigt, daß nur eine sehr kleine mechanische Gleichrichtung auftritt. Wegen des Fehlens der Obertöne konnte das Ohmsche Gesetz gut überprüft werden und seine Ungültigkeit für den Vibrationssinn gezeigt werden.

[23]) Akust. Z. 4 (1939), S. 360.

Nach Untersuchung der Verdeckungserscheinungen und des Zerfalles der Vibrationsstärkeempfindung wurden die Kurven gleicher Vibrationsstärke aufgenommen. Hiermit ließ sich ein objektiver Vibrationsstärkemesser bauen, der für Stöße und Schwingungen praktisch brauchbare Werte anzeigt.

Die objektiven Messungen wurden auf die Stärkeempfindung einer als Normalschwingung eingeführten Schwingung von 10 Hz bezogen. Da unterhalb 4 Hz sinusförmige Schwingungen sehr gut ihrer Amplitude nach geschätzt werden können, so besteht hier die Möglichkeit, den Reiz mit der Empfindung unmittelbar zu vergleichen. Es zeigt sich, daß für diesen Fall das WEBER-FECHNERsche Gesetz nicht zutrifft.

(Eingegangen am 7. Februar 1940.)

Akustische Eigenschaften von Geigen verschiedener Klangqualität

Von Hermann Meinel

Mitteilungen aus dem Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule Berlin

(Mit 4 Textabbildungen)

I. Einleitung

Die ersten Versuche von Bedeutung, die Klangqualität von Geigen objektiv zu bestimmen, gehen auf HELMHOLTZ zurück. Sie wurden in den folgenden Jahrzehnten mehrfach wiederholt[1]). Indes gelang es trotz mancher Erfolge nicht, die akustischen Kennzeichen klanglich hervorragender Geigen — ein Hauptproblem der Geigenforschung — derart sicher und in einer solchen Form zu bestimmen, daß die schalltechnische Prüfung der Klangqualität möglich gewesen wäre. Das lag allem Anschein nach vor allem in der Unvollkommenheit der benützten Apparaturen bzw. darin begründet, daß der notwendigen strengen subjektiven Prüfung der Klangqualität nicht die genügende Beachtung geschenkt wurde.

Im Laufe einer kürzlich veröffentlichten Arbeit[2]) [3]) wurden daher Frequenzkurven einer größeren Zahl im wesentlichen guter Geigen aufgenommen, deren Klangqualitäten mittels neuer subjektiver Prüfmethoden durch Sachverständigengremien eingehend festgestellt worden waren. Dadurch gelang es, eine Reihe von gesicherten Beziehungen zwischen subjektivem und objektivem Befund festzustellen[4]), deren Kenntnis es ermöglichte, künftig auf die subjektive Beurteilung der Klangqualität zu verzichten, d. h. eine schalltechnische Prüfung der Klangqualität durchzuführen. Schon seinerzeit wurde jedoch darauf hingewiesen, daß zur Vervollständigung der Ergebnisse weitere Untersuchungen notwendig sind. Der Reichsberufswettkampf 1939, für den der Verfasser erneut in den Reichsprüfungsausschuß berufen wurde, und andere Prüfaufträge boten die gern benützte Gelegenheit dazu. Im folgenden wird darüber berichtet, wobei die früheren Ergebnisse nahe legen, das

[1]) H. v. HELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen, 1862; 6. Ausgabe, Braunschweig (1913), S. 192. C. W. HEWLETT, Phys. Rev. 35 (1912), S. 359. D. C. MILLER, The Science of Musical Sounds (1916), S. 211. H. BACKHAUS, Z. techn. Phys. 8 (1927), S. 509. W. S. KASANSKY u. S. N. RSCHEVKIN, Z. Phys. 47 (1928), S. 233. H. BACKHAUS, Z. Phys. 62 (1930), S. 143; 72 (1931), S. 218. R. B. ABBOTT, J. Acous. Soc. Am. 7 (1935), S. 111. F. A. SAUNDERS, J. Acous. Soc. Am. 9 (1937), S. 81.

[2]) Z. techn. Phys. 11 (1938), S. 421.

[3]) Akust. Z. 4 (1939), S. 89.

[4]) Auf rein physikalischer Grundlage fußende Gütemerkmale wurden seinerzeit ebenfalls gefunden. Sie sind aber von geringerer Bedeutung.

Verhalten der Geigen bei hohen, tiefen und mittleren Frequenzen gesondert zu betrachten.

II. Ergebnisse

a) Bedeutung kleiner Schalldrucke bei hohen Frequenzen

Die Untersuchungen fanden in der gleichen Weise wie früher statt[3]), so daß sich eine Beschreibung erübrigt. Ein wichtiges Ergebnis der früheren Arbeit war folgendes: Kleine Amplituden bei hohen Frequenzen (etwa über 3000 Hz) sind ein wesentliches Kennzeichen klanglich hervorragender Geigen. Dieses Ergebnis wurde in vollem Umfange bestätigt: Als die besten der zahlreichen für den Reichsberufswettkampf eingelieferten Geigen wurden (mit einer einzigen, verständlichen, weiter unten beschriebenen Ausnahme, vgl. Abb. 1f.) von dem Sachverständigengremium unwissentlich diejenigen Geigen bestimmt, die bei der objektiven Prüfung die kleinsten Schalldrucke bei hohen Frequenzen zeigten und demgemäß schon auf Grund dieser Prüfung als die besten bezeichnet worden waren.

Zum Beweise seien einige Frequenzkurven als Stichproben angegeben (vgl. Abb. 1 und 2 a—f, Frequenzbereiche 8 und 9) und zwar zeigt Abb. 1 die Frequenzkurven in üblicher Darstellung, Abb. 2 die Mittelwerte für bestimmte gleichgroße Frequenzbereiche[5]). (In der subjektiven Bewertung nehmen die Geigen a—f den 1., 2., 3., 5., 8. und 10. Platz ein, sie sind also in den Abbildungen nach fallender Klanggüte geordnet. Da es sich um eine letzte Prüfung handelte, bei der im allgemeinen nur noch gute Geigen vorlagen, sind die Qualitätsunterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Instrumenten sehr gering. Die Geige c darf deshalb z. B. der Geige b als ungefähr gleichwertig gegenüber gestellt werden.) Man erkennt deutlich, daß z. B. die Geigen d und e in den Bereichen 8 und 9 erheblich größere Schalldrucke geben als die klanglich besseren Geigen a und b.

Die auf Grund der subjektiven Beurteilung festgestellte große und günstige Bedeutung

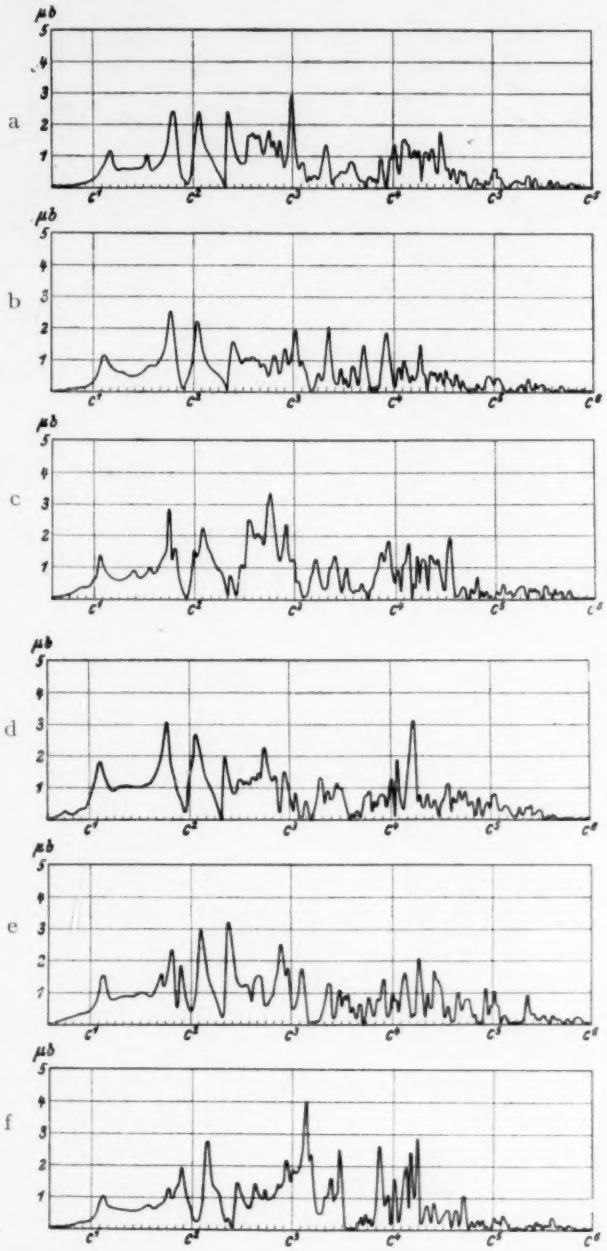


Abb. 1a—f. Frequenzkurven verschiedenwertiger im allgemeinen guter Geigen

kleiner Amplituden bei hohen Frequenzen ist erklärlich, worauf schon früher eingehend hingewiesen wurde[3]): Kleine Schalldrucke der Frequenzkurve bei hohen Frequenzen bedeuten kleine Amplituden der hohen Teiltöne aller Klänge. Alle Klänge bekommen dadurch einen weichen edlen Charakter. Außerdem sind sie bedeutungsvoll für gute Ansprache und hohe

[5]) Siehe Anm. 3, S. 99.

Tragfähigkeit. Schließlich ist das Ohr bei hohen Frequenzen besonders empfindlich, so daß auch aus diesem Grunde kleine physikalische Unterschiede in diesen Bereichen subjektiv sehr bedeutsam sind.

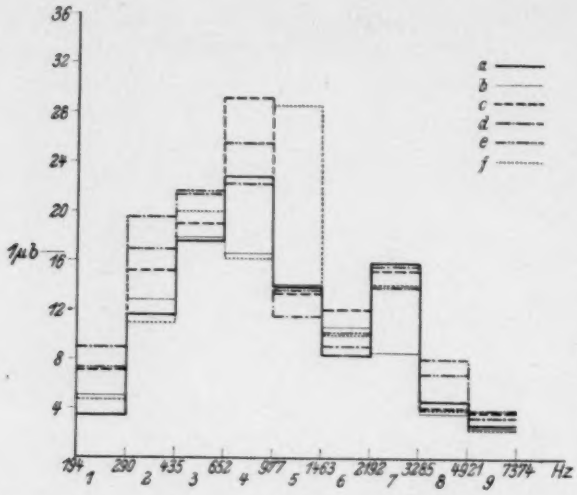


Abb. 2a—f. Mittlere Schalldrucke der im allgemeinen guten Geigen

b) Bedeutung großer Schalldrucke bei tiefen Frequenzen

Weiter konnte in der vorausgegangenen Arbeit festgestellt werden: Gute Geigen haben bei tiefen Frequenzen (bis zu einem gewissen Grade) größere Schalldrucke als weniger gute Geigen. Auch dieses Ergebnis wurde bestätigt: denn die Klänge mit starkem Grundton wurden erneut als voller und angenehmer empfunden. Die Abhängigkeit des guten Geigenklanges von mehreren Parametern erfordert jedoch, die Bedeutung der einzelnen Parameter zu bestimmen. Die Abb. 2a, 2b und 2d, 2e lassen die beiden Forderungen: Große Schalldrucke bei tiefen, kleine bei hohen Frequenzen, für die vorliegenden Schalldrucke gegeneinander abschätzen; denn die Geigen a und b geben ungünstige Schalldrucke bei tiefen, günstige bei hohen Frequenzen, die Geigen d und e verhalten sich dagegen gerade umgekehrt. Den kleineren Schalldrucken bei hohen Frequenzen kommt offenbar die größere Bedeutung zu; denn die Geigen a und b werden höher bewertet. Das stimmt ebenfalls mit früheren Ergebnissen überein und ist verständlich, denn die Bedeutung der tiefen Frequenzgebiete z. B. für die Klangfarbe erstreckt sich nur auf wenige Klänge.

Weiter lassen die Geigen a, b einerseits, d, e andererseits die Bedeutung der Lautstärke einer Geige abschätzen: Trotz der immer wieder anzutreffenden und bei unseren großen Konzertsälen und lautstarken Orchestern berechtigten Forderung nach größerer Lautstärke werden die etwas edler klingenden und etwas besser ansprechenden Geigen a und b den lautstärkeren Geigen d und e vorgezogen, ein Ergebnis, das vollkommen mit Konzerterfahrungen hervorragender Künstler übereinstimmt.

Schließlich erkennt man, daß die Klangqualität altitalienischer Meistergeigen auch von den vorliegenden Geigen nicht erreicht wird. Auch sie zeigen noch die bereits früher festgestellte allgemeine Tendenz der neuen Geigen: zu kleine Schalldrucke bei tiefen, zu große bei hohen Frequenzen, vgl. dazu Abb. 3 der früheren Arbeit[3]) bzw. Abb. 4g vorliegender Arbeit mit den Durchschnittskurven für sechs altitalienische Meistergeigen im Werte von über 500000 RM. Die Annäherung an altitalienische Vorbilder ist jedoch besser als voriges Jahr, wie z. B. die sehr beachtlich kleinen Schalldrucke der Geigen a, b und c über 3000 Hz zeigen und die ganz vorzügliche Annäherung der Geige a im Bereich a^1 bis cis^3 an eine Stradivari aus 1717, Abb. 1 der früheren Arbeit, erkennen läßt.

c) Bedeutung des Frequenzgebietes 7 (2192 bis 3285 Hz)

Auf Feinheiten der klanglichen Unterschiede führt ein Vergleich der Frequenzkurven der Geigen a und b. Die Unterschiede bestehen darin, daß bei der Geige a die Mittelwertskurve (Abb. 2a) den normalen Verlauf guter Geigen besitzt (vgl. Abb. 4g), also z. B. im Bereich 6 ein Minimum aufweist mit beiderseits ungefähr gleichgroßen Schalldrucken, während die mittleren Schalldrucke der Geige b monoton von Bereich 3 an abnehmen. Insbesondere muß darauf hingewiesen werden, daß im Bereich 7 die mittleren Schalldrucke der Geige a fast doppelt so groß sind als die der Geige b. Schon früher ist mitgeteilt worden, daß bis zu einem gewissen Grade große Schalldrucke im Bereich 7 nach den bis dahin vorliegenden Erfahrungen als günstig zu bewerten sind. Gleichzeitig wurde aber bemerkt, daß die dort gefundenen Unterschiede für die sehr verschiedene Qualität der seinerzeit untersuchten

Geigen nicht von grundlegender Bedeutung sein konnten. Zu gleichen Ansichten über die Bedeutung dieses Frequenzgebietes führt die Einstufung der Geige b: Die relativ kleinen Schalldrucke im Bereich 7 der Geige b reichen nicht aus, um ihr einen ungünstigen Platz zu geben. Wohl aber geben sie vielen Klängen dieser Geige einen mit Worten schwer zu beschreibenden von Musikern und Geigenbauern vielfach als „masselos" bezeichneten Charakter, der aber nicht immer unbedingt als unschön, manchmal sogar als reizvoll empfunden wird, während große Schalldrucke im Bereich 7 einen mehr „kernigen" Charakter, einen „weichen, matten Glanz" verleihen. Diese subjektive Beurteilung zeigt übrigens, daß man physikalische Abweichungen zwischen zwei Geigen nicht immer als ausgesprochene Güteunterschiede ansehen darf. Manchmal handelt es sich mehr um Fragen des persönlichen Geschmackes.

Die Frage der Beurteilung der musikalischen Bedeutung des Bereiches 7 ist geradezu ein Schulbeispiel für die Notwendigkeit subjektiver Klangfarbenurteile bei der Durchführung von Arbeiten über die objektiven Kennzeichen klanglich guter Geigen. Auf Grund der Abb. 3 der früheren Arbeit, die für die Gruppe der besten Geigen größere Schalldrucke im Bereich 7 zeigt, kann man (allerdings nur bei nicht sehr gründlicher Betrachtung der Sachlage) zu der Auffassung gelangen, große Schalldrucke im Bereich 7 wären ein sehr wesentliches Charakteristikum einer guten Geige. Aber schon eine Betrachtung der einzelnen Frequenzkurven der altitalienischen Geigen zeigt, daß auch bei sehr guten Geigen der mittlere Schalldruck im Bereich 7 manchmal gar nicht bemerkenswert größer ist als im Bereich 6, manchmal sogar etwas kleiner (vgl. z. B. Abb. 4b der früheren Arbeit)[6]). Die einzelnen Frequenzkurven für die seinerzeit schlechtesten Geigen enthalten sogar Beispiele, bei denen der mittlere Schalldruck im Bereich 7 wesentlich größer ist als bei der besten Geige der altitalienischen Gruppe (Stradivari 1715). Die Auffassung, große Schalldrucke im Bereich 7 wären ein wesentliches Charakteristikum einer guten Geige, ist also völlig unbegründet. Doch hilft auch diese Erkenntnis nicht weiter; denn ebensowenig ließen sich für die gegenteilige Aussage Gründe angeben. Die Frage der Bedeutung der Schalldrucke im Bereich 7 bleibt also bei statistischer Betrachtungsweise gänzlich ungeklärt. Erst die subjektive Beurteilung kleiner und großer Schalldrucke im Bereich 7 (s. o.) gibt darüber Aufklärung.

d) Bedeutung der mittleren Frequenzbereiche

Natürlich ist trotz der Wichtigkeit kleiner Schalldrucke bei hohen Frequenzen (in den Bereichen 8 und 9) nicht einfach jede Geige gut, die dort kleine Schalldrucke besitzt. Es müssen auch andere Forderungen erfüllt sein. Eine bis auf das Verhalten bei tiefen Frequenzen noch nicht eingehender behandelte Forderung ist die, daß die Frequenzkurve einer guten Geige auch sonst annähernd einen Verlauf aufweisen muß, wie ihn z. B. die Mittelwertskurve der sechs altitalienischen Meistergeigen darstellt (vgl. Abb. 4g vorliegender, Abb. 3 der vorausgegangenen Arbeit). Ein Beispiel dafür ist die Geige f. Sie wird nicht als gut bewertet, trotzdem ihre kleinen Amplituden bei hohen Frequenzen dieses Urteil rechtfertigen würden. Die geringere Einschätzung rührt nicht etwa von den zu kleinen Schalldrucken bei tiefen Frequenzen her, denn auch die Geigen a und b haben dort ähnlich kleine Schalldrucke. Vielmehr ist an dieser Geige im wesentlichen auszusetzen, daß sie viel zu große Schalldrucke im Gebiet h^2—fis^3 (977—1463 Hz) aufweist, Schalldrucke, die fast noch einmal so groß sind als die der Gruppe altitalienischer Geigen in diesem Bereich. Dadurch erhalten viele tiefere Klänge eine sehr unangenehme ins Näselnde gehende Klangfarbe.

[6]) Der erhebliche Anstieg des mittleren Schalldruckes der Gruppe altitalienischer Geigen im Bereich 7 rührt hauptsächlich von der Jos. Guarnerius 1744 her, wie deren Frequenzkurve zeigt, und es ist auch unter Fachleuten hinreichend bekannt, daß die Klänge dieser Geigen einen besonders kernigen, kraftvollen Charakter haben.

e) Zur idealen Frequenzkurve einer Geige

Während in der früheren Arbeit Frequenzkurven von Geigen verschiedener Qualität gezeigt wurden, die wenigstens in großen Zügen der der Gruppe altitalienischer Meistergeigen (Abb. 4 g) ähnelten, so daß ihre Kurven für den relativen[7]) mittleren Schalldruck gegenüber der der altitalienischen Gruppe fast nur parallel verschoben waren, zeigen die folgend besprochenen Frequenzkurven nun auch noch die Bedeutung größerer Abweichungen in einzelnen Frequenzbereichen. Die Geige f allein konnte davon nur einen ersten Eindruck vermitteln. Insbesondere ist bei den nunmehr besprochenen Geigen (Abb. 3 und 4 h—l) zu beachten, daß es sich um Instrumente handelt, die subjektiv als „klanglich ausgesprochen schlecht" bezeichnet wurden.

Die Geige h weist im allgemeinen eine gute Schalldruckverteilung auf und nur der Bereich 5 zeigt wieder zu große Schalldrucke. Die Abweichungen von der vorbildlichen Kurve sind hier aber derart groß, daß die Geige sogar als „musikalisch nicht brauchbar" bezeichnet wird. (Dieses harte Urteil bezieht sich nur auf tiefe und mittlere Klänge. Die Klänge der e^2-Saite werden noch behandelt.) Die Geige i besitzt zwar sehr günstige kleine Schalldrucke. über 3000 Hz, bei tiefen und mittleren Frequenzen sind aber die Schalldrucke viel zu klein und auch sonst bestehen sehr erhebliche Abweichungen gegenüber der Kurve für die altitalienischen Geigen. Bei der Geige k sind dagegen nur die Verhältnisse bei tiefen Frequenzen günstig, während in den Bereichen 3 und 4 die Schalldrucke viel zu klein, im Bereich 6, für den zur Vermeidung des Näselns kleine Schalldrucke verlangt werden müssen, ganz beträchtlich zu hoch sind. Ähnlich verhält sich die Geige l, die, wie die Geige k, angeblich nach dem „Goldenen Schnitt" gebaut wurde. Sie hat im 2. Frequenzbereich besonders große, im 3. ganz außergewöhnlich kleine Schalldrucke. Die zahlreichen dort liegenden Klänge werden daher als zu dunkel und dumpf, bzw. als viel zu hell und näselnd empfunden.

[7]) Anm. 3, Abb. 3 unten.

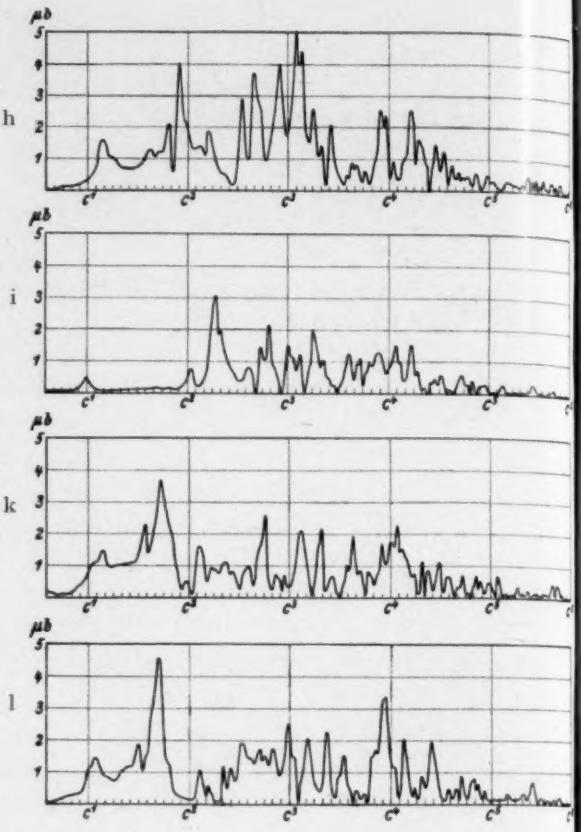


Abb. 3h—l. Frequenzkurven schlechter Geigen

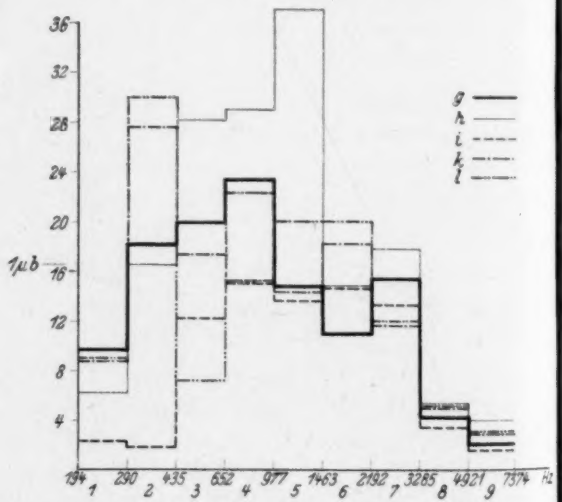


Abb. 4g—l. Mittlere Schalldrucke der schlechten Geigen und einer Gruppe von 6 altitalienischen Meistergeigen (4 g)

Die Bewertung aller dieser Geigen mit „schlecht" zeigt deutlich, daß für eine klanglich hervorragende Geige als hauptsächlichste Kenn-

zeichen nicht nur kleine Schalldrucke bei hohen, große bei tiefen Frequenzen zu fordern sind, sondern daß auch die sonstige Schalldruckverteilung von der der sechs altitalienischen Meistergeigen nicht sehr erheblich abweichen darf[8]), selbst nicht in einzelnen Frequenzbereichen. Die Mittelwertskurve dieser alten Geigen kann deshalb als Idealkurve angesehen werden[9]).

Zur Geige h ist noch auf folgendes hinzuweisen. Die Frequenzkurve dieser Geige zeigt außergewöhnlich große Schalldrucke im Bereich fis^2—fis^3 (etwa 700—1400 Hz). Die dort liegenden Klänge besitzen also einen ungewöhnlich starken Grundton. Subjektiv werden diese Klänge als ganz besonders voll und angenehm empfunden. Selbst beste Stradivari-Geigen klingen dort gegenüber der Geige 2b „dünn", weniger wohllautend. Gleichzeitig bedeuten aber diese außerordentlich großen Schalldrucke im Bereich fis^2—fis^3 besonders große Amplituden des 2., 3. und 4. Teiltones vieler tieferer Klänge, denen sie eine so unangenehme Klangfarbe geben, daß es im allgemeinen zum erwähnten ungünstigen Gesamturteil kommt. Hier zeigt sich also das interessante Ergebnis, daß Geigen in gewissen Frequenzbereichen kleine Fehler aufweisen müssen, um im großen ganzen als gut beurteilt zu werden. Mit andern Worten: Es ist unmöglich, Geigen so zu bauen, daß sie in allen Frequenzbereichen alle Ansprüche befriedigen. Im Interesse eines im allgemeinen günstigen Verhaltens müssen notwendigerweise die Schalldrucke in den Bereichen 4, 5 und 6 insbesondere aber in den Bereichen 5 und 6 so niedrig gehalten werden und sind auch bei den besten Geigen so niedrig gehalten worden, daß die dort liegenden Klänge nicht das höchst erreichbare Maß an Wohllaut besitzen.

[8]) Das ist durchaus nicht selbstverständlich. Es konnte sein, daß aus Gründen des unterschiedlichen Geschmackes größere Verschiedenheiten zwischen den Frequenzkurven guter Geigen zugelassen werden müssen.

[9]) Ginge man dazu über, für jede Saite der Geige eine Frequenzkurve aufzunehmen (vgl. Anm. 3, S. 109), wäre selbstverständlich für jede Saite eine Idealkurve aufzustellen.

Zusammenfassung

Die mit früheren Arbeiten eröffnete Möglichkeit einer schalltechnischen Prüfung von Geigen findet praktische Anwendung. Dabei wird die früher für gute Geigen aufgestellte Forderung: Kleine Schalldrucke bei hohen, große bei tiefen Frequenzen! bestätigt und auch die bereits seinerzeit hinreichend begründete besonders große Bedeutung der hohen Frequenzbereiche wird erneut deutlicher. Nicht alle akustischen Unterschiede zwischen Geigen dürfen jedoch als Güteunterschiede angesehen werden. Oft handelt es sich mehr um Fragen des Geschmackes. Das gilt u. a. insbesondere für die Bedeutung des Frequenzbereiches zwischen etwa 2000 und 3000 Hz, der geradezu ein Schulbeispiel darstellt für die Unmöglichkeit, Aussagen über die musikalische Bedeutung gewisser Frequenzbereiche ohne subjektive Urteile zu treffen. Auch genügen trotz ihrer hohen Bedeutung kleine Schalldrucke bei hohen Frequenzen (über etwa 3000 Hz) allein nicht, die sonstigen Schalldrucke dürfen ebenfalls keine sehr großen Unterschiede gegenüber einer von erstklassigen altitalienischen Meistergeigen gewonnenen Mittelwertskurve aufweisen, sollen die Geigen nicht als schlecht beurteilt werden. Diese Kurve kann deshalb als Idealkurve angesehen werden.

(Eingegangen am 14. Oktober 1939.)

Über die physiologisch-akustischen Kennzeiten von Ausgleichsvorgängen

Von Wolfgang Türk

(Mit 23 Textabbildungen)

Einleitung

Über die Bedeutung von Ausgleichsvorgängen, insbesondere Einschwingvorgängen für die Erkennbarkeit einzelner Sprachlaute, sowie von Klängen verschiedener Musikinstrumente, hat H. Backhaus schon 1932 in einer ausführlichen Arbeit berichtet. Da bis dahin vermutet werden konnte, daß für jedes Musik-

instrument eine bestimmte Teiltonverteilung innerhalb des stationären Klanges charakteristisch sei, zeigte H. BACKHAUS, daß entsprechend früheren Versuchen von C. STUMPF, besonders den Einschwingvorgängen bei der Charakterisierung eines Musikinstrumentes große Bedeutung zukommt [1]).

Da bei Sprachlauten noch Einschwingvorgänge von etwa 5 msec Dauer festgestellt werden konnten, weist BACKHAUS weiter darauf hin, daß für eine einwandfreie Übertragung solcher Schallereignisse die Einschwingzeit der Übertragungsanlage so klein sein muß, daß diese unverzerrt wiedergegeben werden. Weiter wird verlangt, daß die Eigenfrequenz des Übertragungsapparates durch Ausgleichsvorgänge nicht angeregt werden darf, weil sonst dem zu übertragenden Schallvorgang fremde Schwingungen beigemischt werden.

Nach vorstehendem ist nun u. a. die Kenntnis von Wichtigkeit, bei welchen Zeitdauern, Einschwingvorgänge beim Schalten eines Tones z. B. vom plötzlichen Einschalten nicht mehr unterschieden werden können. Bleibt die Einschwingzeit der Übertragungsapparatur unter dieser kritischen Zeit, d. h. nach der Definition von v. BÉKÉSY [2]) und von BÜRCK, KOTOWSKI und LICHTE [3]) unter der physiologischen Einschwingzeit, so ist subjektiv betrachtet die Übertragung auch kurzer Ausgleichsvorgänge einwandfrei. Weiterhin ist für eine naturgetreue Sprach- oder Musikübertragung von Interesse, wieweit das Ohr Einschwingvorgänge mit verschiedenen Hüllkurven voneinander unterscheiden kann, d. h. wie weit eine eventuelle Verzerrung des Anklingvorganges bemerkt wird. Ebenso kommt in diesem Zusammenhang dem Aufbau des Tonhöhenbewußtseins [4]) eine große Bedeutung zu.

Zweck der vorliegenden Arbeit ist es nun, Anklingvorgänge verschiedener Zeitdauer und unterschiedlicher Kurvenform in ihrer Wirkung auf das Ohr zu untersuchen.

Die Versuchsapparatur

Entsprechend den in der Einleitung erhobenen Forderungen war eine Apparatur zu entwickeln, die erlaubte, Ein- und Ausschwingvorgänge möglichst verschiedener Kurvenform und mit Zeitdauern bis etwa 0,5 msec herunter herzustellen. Da als Schaltmechanismus wegen der zu erwartenden Schwierigkeiten rein mechanische Anordnungen ausschieden, schien die Lösung dieser Aufgabe am einfachsten durch Verwendung von Regelröhren möglich, deren Regelgitter z. B. durch einstellbare Zeitkreise geregelt werden [5]).

Die prinzipielle Arbeitsweise einer solchen Schaltung ist kurz folgende: Eine Tonfrequenzspannung konstanter Amplitude wird an die Steuergitter der Regelröhre gelegt, während eine ebenfalls an die Steuergitter gelegte, sich ändernde Gleichspannung, die Regelspannung, die Amplitude der anodenseitig abgegebenen Tonfrequenz steuert. Hierbei ist die Hüllkurve der gesteuerten Tonfrequenz nicht proportional der Steuerspannung, sondern wird entsprechend der ersten Ableitung der I_a—U_g-Kennlinie, der Steilheitskurve der Röhre, verzerrt. Durch An- bzw. Abschalten von regelbaren Zeitkreisen an die Steuergitter können An- und Ausklingvorgänge mit verschiedener Zeitdauer hergestellt werden.

Gegenüber dem Vorteil der Einfachheit weist jedoch die Anordnung den Nachteil auf, daß an dem Anodenwiderstand der Regelröhre außer der geregelten Tonfrequenz noch eine sich mit der Verschiebung des Arbeitspunktes auf der Kennlinie ändernde Gleichspannung

[1]) H. BACKHAUS, Über die Bedeutung der Ausgleichsvorgänge in der Akustik. Z. techn. Physik. 13 (1932), S. 31.

[2]) G. v. BÉKÉSY, Über die Hörsamkeit der Ein- und Ausschwingvorgänge mit Berücksichtigung der Raumakustik. Ann. Phys., Lpz., Bd. 408, S. 844.

[3]) BÜRCK, KOTOWSKI und LICHTE, Hörbarkeit von Regelvorgängen in Dynamikgesteuerten Verst. Z. techn. Phys. 16 (1935), S. 522.

[4]) BÜRCK, KOTOWSKI und LICHTE, Der Aufbau des Tonhöhenbewußtseins. Elektr. Nachr.-Techn. 12 (1935), S. 326.

[5]) V. ASCHOFF, Zur experimentellen Darstellung akustischer Ausgleichsvorgänge. Hochfrequenztechn. u. Elektroakustik 4 (1937), S. 138.

auftritt. Diese beim schnellen Regeln entstehenden Spannungsstöße wirken außerordentlich störend, da sie ein ganzes Spektrum von Teilfrequenzen enthalten, die natürlich von dem auf die Regelstufe folgenden Verstärker übertragen werden. Da die an dem Steuergitter anliegende Wechselspannung aus Gründen der Verzerrungsfreiheit klein sein muß, übertrifft der „Gleichstromknack" die gesteuerte Tonfrequenz oft um ein Vielfaches in der Amplitude, d. h. die Tonfrequenz geht in dem Störgeräusch unter. Zur Beseitigung dieser Störung schlägt V. ASCHOFF[5]) vor, im Bereich sehr kleiner Anodenströme und damit aber auch sehr kleiner Steilheiten zu arbeiten, wodurch sich auch tatsächlich das Knackgeräusch klein halten läßt. Eine praktisch vollkommene Beseitigung des Knackes, wie sie für die durchzuführenden genauen Messungen unerläßlich ist, war jedoch nur durch Kompensation des Anodenstromes in einer Gegenschaltung möglich. In Abb. 1

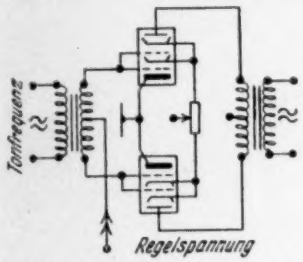


Abb. 1. Prinzipschaltung einer Gegentakt-Regelstufe mit Knackkompensation

ist das Prinzip einer solchen Kompensationsschaltung dargestellt, wie sie ähnlich auch schon von v. BÉKÉSY und von BÜRCK, KOTOWSKI und LICHTE angewandt wurde[2]) [6]). Die beiden Regelröhren sind für die Tonfrequenz im Gegentakt geschaltet, während die Regelspannung im Gleichtakt den Steuergittern der Regelhexoden zugeführt wird. Der durch den Regelvorgang entstehende Gleichstromknack kompensiert sich in dem anodenseitigen Gegentaktübertrager; für die Tonfrequenz stellt die Schaltung eine normale Gegentaktstufe dar. Um eine vollkommene Knackkompensation zu erzielen, d. h. zu erreichen, daß bei abgeschalteter Tonfrequenz der evtl. noch vorhandene Gleichstromknack unter der Hörschwelle bleibt, war die Wahl von Röhren mit möglichst gleichen Kennlinien und eine genaue Symmetrierung der Betriebsspannungen notwendig.

Nach Beseitigung des Gleichstromknackes war es möglich, mit Hilfe der erwähnten R—C-Kombinationen die Gegentaktschaltung so zu steuern, daß An- und Ausklingvorgänge von etwa 0,05 msec Dauer bis zu 1 sec Dauer hergestellt werden konnten. Es war möglich, „angeschlagene" und „angeblasene" Töne störungsfrei zu reproduzieren, wobei sich die Hüllkurven, wenn auch verhältnismäßig umständlich, in gewissen Grenzen ändern ließen.

Da jedoch u. a. auch Ausgleichsvorgänge mit den verschiedenartigsten Hüllkurven untersucht werden sollten, mußte ein grundsätzlich anderer Weg für die Erzeugung der Regelspannung eingeschlagen werden, da diese Forderung durch Zeitkreise nicht erfüllt werden kann. Am leichtesten konnte die Lösung dieser Aufgabe durch Umwandlung eines durch mechanische Blenden gesteuerten Lichtstromes in eine amplitudenproportionale Spannung, eben die Regelspannung, gelingen. Praktisch am einfachsten zu realisieren erschien die in Abb. 2 im Prinzip und in Abb. 3 photographisch dargestellte Anordnung.

Das Grundlegende dieser Schaltung ist, daß der von einer Einfadenlampe L_1, L_2 ausgehende Lichtstrom, bevor er auf eine Photozelle F trifft, von einer rotierenden Blende Bl_1, Bl_2 in seiner Intensität gesteuert wird. Der die Photozelle durchfließende Gleichstrom, der sich mit der auffallenden Lichtmenge ändert, erzeugt an einem Widerstand einen Spannungsabfall, der als Regelspannung an die Gitter der Regelröhren GRV. gelegt wird. An diesem Widerstand treten bei Verwendung einer empfindlichen Photozelle und bei genügender Lichtstärke Änderungen des Spannungsabfalls um 20—25 Volt auf, die zur Regelung der verwendeten Hexoden vollkommen ausreichen. Im folgenden soll nun die genaue Arbeitsweise der gesamten Anordnung an Hand der Abb. 2 dargestellt werden.

[6]) BÜRCK, KOTOWSKI und LICHTE, Höruntersuchungen von Einschwingvorgängen bei elektroakustischen Übertragungsanlagen. Elektr. Nachr.-Techn. **13** (1936), S. 1.

Die als Lichtquelle dienende Einfadenlampe L_1, L_2, deren Leuchtstärke durch Eisenwasserstoff-Lampen unabhängig von eventuellen Spannungsschwankungen des Netzes gehalten wird, beleuchtet über eine Optik O_1, O_2 eine mit Mikrometerschraube einstellbare Spaltblende Sp_1, Sp_2. Der durch diese hindurch-

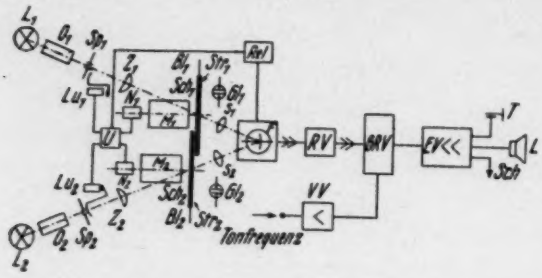


Abb. 2. Prinzipschaltbild der Apparatur zur Erzeugung von Schaltvorgängen

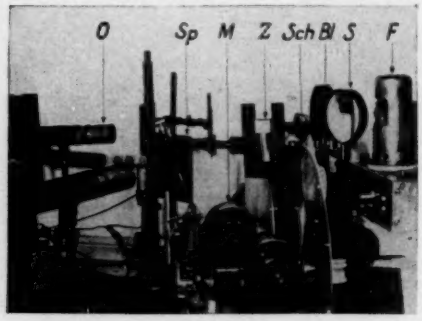


Abb. 3. Lampengehäuse mit Optik *O*, Spaltblende *Sp*, Zylinderlinse *Z*, Blendenscheibe *Sch*, Motor *M*, Blende *Bl*, Sammellinse *S* und Photozelle *F*

tretende, 50 mm lange Lichtstreifen wird durch eine Zylinderlinse Z_1, Z_2 möglichst schmal auf der Ebene der Blende Bl_1, Bl_2 abgebildet, um die sog. Blendenwirkung möglichst klein zu halten, d. h. die möglichst getreue Abbildung von Unstetigkeiten an der Blende zu ermöglichen. Die jeweils gewünschte, aus Karton hergestellte Blende Bl_1, Bl_2 wird am Umfang einer Aluminiumscheibe Sch_1, Sch_2 von 45 cm Durchmesser befestigt, die durch einen Motor M_1, M_2 mit Untersetzungsgetriebe, dessen Drehzahl sich im Verhältnis 1 : 50 regeln läßt, angetrieben wird. Die maximal 40 mm lange Blende steuert bei ihrem Umlauf die Länge des Lichtstrahles und damit den Lichtstrom. Der so gesteuerte Lichtstreifen wird durch eine Sammellinse S_1, S_2 auf der Kathode der Photozelle F abgebildet. Um die für die Herstellung kurzer Schaltvorgänge erforderliche Blendengeschwindigkeit zu erhalten, ist es notwendig, den Motor mit verhältnismäßig großer Drehzahl laufen zu lassen und diese zur Geschwindigkeitsbestimmung sowie zur Wahrung der Zeitproportionalität konstant zu halten.

Im weiteren ist die Frage zu lösen, wie man trotz periodischer Verdeckung der Photozelle durch die umlaufende Blende den gewünschten Schaltvorgang nur ein einziges Mal erhalten kann. Das Problem läuft also darauf hinaus, durch Betätigung eines Schalters die Photozelle nur gerade für einen Vorbeilauf der Blende freizugeben und danach wieder automatisch zu sperren. Das Ausblenden eines einzigen Vorganges geschieht nun mit Hilfe von Relais, die von den Nocken N_1, N_2 gesteuert werden, die auf die Welle der Blendenscheibe aufgesetzt sind. Der Kreiswinkel der Schaltsegmente beträgt etwa 20°, so daß bei zwei Segmenten und einem gegenseitigen Abstand von 20° etwa 300° des Scheibenumfanges für die Blende zur Verfügung stehen. Der Versuch zeigt, daß die Relais bei 10 Umdrehungen pro Sekunde, d. h. bei Nockenschaltzeiten von etwa 5 msec, noch sicher ansprechen. Die Schaltung der Relais ist aus dem Gesamtschaltbild der endgültigen Apparatur Abb. 4 ersichtlich, während das Funktionsdiagramm Abb. 5 das Zusammenarbeiten der Relais, Relaiskontakte und Nocken erklärt. Da, wie aus dem Diagramm hervorgeht, Relais II nur anziehen kann, wenn Relais I angesprochen hat, kann das Einlegen des Handschalters und damit das Auslösen des Schallvorganges zu jedem beliebigen Zeitpunkt erfolgen.

Nutzt man etwa 260° des Scheibenumfanges aus und regelt man die Drehzahl der Blendenscheibe bis auf 0,4 Umdr. pro Sekunde herunter, so können Vorgänge bis zu etwa 1,8 sec Dauer hergestellt werden. Bei einer kleinsten Blendenbreite von 1°, die sich gerade noch mit genügender Genauigkeit herstellen läßt, können z. B. Anklingvorgänge von 0,3 msec Dauer erzeugt werden.

Da es für verschiedene Messungen erwünscht ist, den geschalteten Ton nach dem Anklingen mit beliebiger Dauer fortbestehen zu lassen, ist durch Umlegen des Umschalters in Stellung a (Abb. 4) die Möglichkeit gegeben, den Ton in der durch die Blende bedingten Amplitude bis zum Ausschalten des Handschalters er-

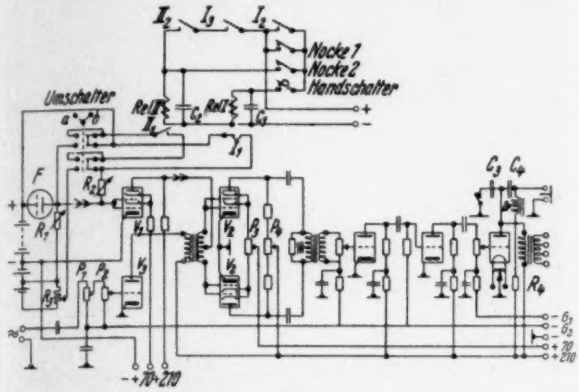


Abb. 4. Gesamtschaltbild der Apparatur

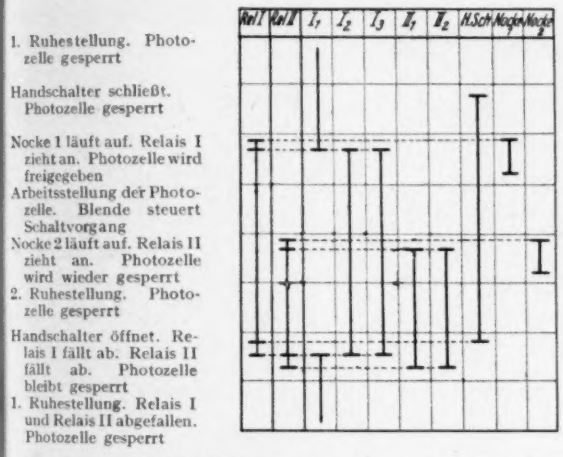


Abb. 5. Funktionsdiagramm der Relais, Relaiskontakte und Schaltnocken

tönen zu lassen. Hierbei ist nur Bedingung, daß die Blende so angebracht wird, daß sie erst nach Ansprechen von Relais II vorbeigelaufen ist. Die Amplitude des Dauertones wird entsprechend der durch die Blende bedingten Endamplitude durch Regeln des Widerstandes R_3 eingestellt. Dieser Widerstand muß so niederohmig gewählt werden, daß bei Belichtung der Photozelle an der Parallelschaltung von R_1 und R_3 praktisch kein Spannungsabfall entsteht.

Da man bei akustischen Untersuchungen fast durchweg auf Vergleichsmessungen angewiesen ist, muß es die Apparatur ermöglichen, zwei zu vergleichende Vorgänge kurz hintereinander ablaufen zu lassen. Aus diesem Grunde sind zwei vollständige Blendensysteme vorhanden (siehe Abb. 2), die unabhängig voneinander abwechselnd durch Auf- bzw. Abblenden des Lichtstrahles mit Hilfe der elektrisch gesteuerten Blenden Lu_1, Lu_2 sowie durch Umschalten auf das andere Nockenpaar N_1 oder N_2 auf ein und dieselbe Photozelle arbeiten können. Ein einziger Umschalter U betätigt die Blendenrelais, schaltet gleichzeitig die Nockenkontakte des jeweils in Aktion tretenden Motors ein und löst durch einen dritten, in der Abb. 2 nicht gezeichneten Kontakt, sofort den zu vergleichenden Vorgang aus. Da das Umschalten beliebig oft erfolgen kann, sind genaue Vergleichmessungen möglich.

Um die Zeitdauer eines Schaltvorganges ermitteln zu können, ist, abgesehen von dem in Frage kommenden Blendenwinkel, nur noch die Kenntnis der Scheibendrehzahl notwendig. Zu diesem Zwecke ist auf die Blendenscheibe eine Stroboskopscheibe Str_1, Str_2 mit 11 Kränzen aufgebracht, die es gestattet, Drehzahlen zwischen 0,5 und 10 Umdr. sec mit genügender Genauigkeit abzulesen. Zur Beleuchtung werden gewöhnliche, mit Netzfrequenz betriebene Glimmlampen Gl_1, Gl_2 verwendet.

Wie sich aus Vorversuchen ergeben hatte, bestand zwischen der Blendenlänge in Spaltrichtung, d. h. dem Lichtstrom und der Spannung der Tonfrequenz am Ausgang des auf die Regelstufe folgenden Verstärkers, die in Abb 6. dargestellte Abhängigkeit, wenn die Photozelle direkt auf die Regelstufe arbeitet. Die Kurve zeigt, daß im Bereich der beginnenden Verdeckung des Lichtspaltes durch die Blende die Ausgangsspannung etwa quadratisch mit der Verdeckung ansteigt, um dann in dem oberen Bereich linear zu wachsen. Dieser Kurvenverlauf würde es notwendig machen, daß man zur Herstellung einer bestimmten Hüllkurve der geschalteten Tonfrequenz die Blendenform entsprechend korrigiert, was eine große Komplizierung bedeuten würde. Es

mußte also ein Weg gefunden werden, der eine über den ganzen Bereich praktisch lineare Abhängigkeit der Ausgangsspannung über der Spaltlänge erreichen läßt, was bedeutet, daß die gewählte Blendenform die Umhüllungskurve der geschalteten Tonfrequenz darstellt.

Diese Forderung kann durch Zwischenschaltung einer Regelröhre (*RV*, Abb. 2) gleichen Typs, wie die in der Regelstufe verwendeten Röhren, zwischen die Photozelle und die Regelstufe erfüllt werden. Diese Röhre (V_1, Abb. 4) arbeitet als normaler Gleichspannungsverstärker und ist so geschaltet, daß die in dem unteren Regelbereich zu geringe Steilheit von V_2 gerade durch die größere Steilheit der Zwischenröhre V_1 ausgeglichen wird und umgekehrt. Dieser Zusammenhang ist in Abb. 7 dargestellt. Nach Einstellung des günstigsten Arbeitspunktes und der geeigneten Spannungsverstärkung aller Stufen des Gleichspannungsverstärkers gelang es, eine praktisch lineare Abhängigkeit der Ausgangsspannung der Tonfrequenz von der Blendenlänge zu erhalten.

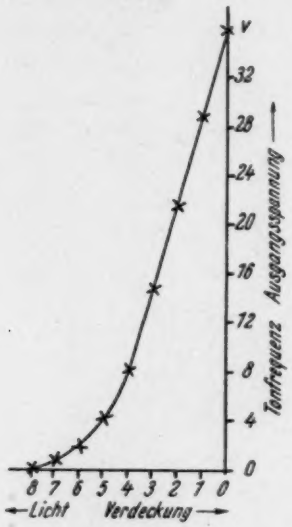


Abb. 6. Tonfrequenzspannung am Verstärkerausgang in Abhängigkeit von der Belichtung der Fotozelle. Fotozelle arbeitet direkt auf die Regelstufe

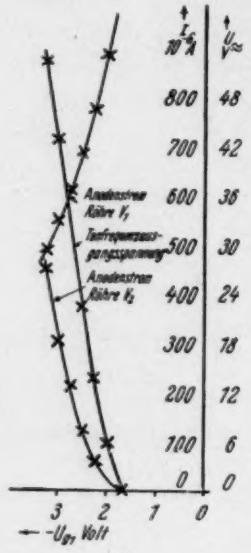


Abb. 7. Der Anodenstrom der Röhren V_1, V_2 und die Tonfrequenz-Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Gitterspannung von V_1

Das endgültige Schaltbild Abb. 4 läßt weiterhin folgendes erkennen: Die Tonfrequenzspannung wird zwecks fein regelbarer Lautstärkeeinstellung über zwei in Reihe geschaltete Potentiometer P_1, P_2 und nach Verstärkung durch eine Dreipolröhre V_3 an den Gegentakt-Eingangstrafo der Regelstufe gelegt. Die Regelspannung wird der Mitte der Sekundärwicklung zugeführt; die zur Knackbeseitigung notwendige Symmetrierung geschieht durch P_3 und P_4. Der Gegentakt-Ausgangstrafo arbeitet auf einen dreistufigen Widerstandsverstärker, dessen Ausgangstrafo die Anpassung an Oszillographenschleife, Lautsprecher oder Telephon ermöglicht. Mit Rücksicht auf die Wiedergabe der höchsten noch hörbaren Frequenzen wird für die gesamten Messungen ein Kondensatortelephon verwendet, das direkt über C_4 an der Anode der Endröhre liegt. Die notwendige Vorspannung wird über die Drossel *Dr* und über R_4 zugeführt. Der abschaltbare Kondensator C_3 dient zur Verbesserung des Frequenzganges, d. h. zur Schwächung der hohen Frequenzen, da die tiefen Töne durch den induktiven Nebenschluß des Ausgangstrafos geschwächt werden. Arbeitet man über den Ausgangstrafo, so wird C_3 abgeschaltet. Mit Ausnahme der Photozelle arbeitet die gesamte Apparatur mit stabilisierten Netzanschlußgeräten. Wie die Messung des Frequenzganges zeigte, werden die Frequenzen von 25—18000 Hz, d. h. des gesamten Hörbereiches, praktisch gleichmäßig übertragen, was für die unverfälschte Wiedergabe sehr kurzer Einschwingvorgänge von Wichtigkeit ist.

Messungen

1. Grenzen des Tonerkennungsvermögens

Bürck, Kotowski und Lichte führten mit Hilfe eines Helmholtzpendels die Messungen der Grenze des Tonerkennungsvermögens durch[4]) und kamen zu dem Ergebnis, daß das Ohr kurzzeitig dargebotene Töne dann noch mit einer bestimmten Genauigkeit erkennt, wenn ihr Energiespektrum dies überhaupt zuläßt, daß also die Kennzeiten weniger eine Ohreigenschaft als eine Eigenschaft der geschalteten Töne an sich sind. Da es mit Hilfe der vorstehend geschilderten Apparatur möglich ist, Töne kurzzeitig mit verschiedenen Um-

hüllungskurven, d.h. mit verschiedenen Energiespektren zu schalten, lag es nahe, diese Aussagen durch Messungen zu überprüfen. Um Vergleiche zwischen den Meßergebnissen zuzulassen, wurden, entsprechend den Messungen

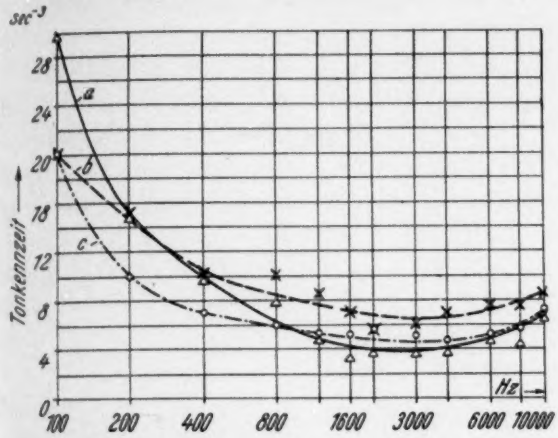


Abb. 8. Experimentell aufgenommene Tonkennzeichen für ohne Zeitkonstante geschaltete Töne
a) Versuchsperson a; b) Versuchsperson b; c) Versuchsperson c

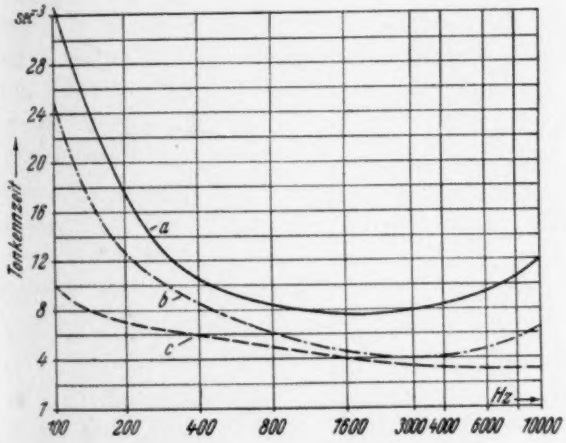


Abb. 9. Kurven für die minimal erforderlichen Tonkennzeiten
a) Untere Grenzkurve der von Bürck, Kotowski und Lichte gemessenen Tonkennzeiten; b) Mit rechteckförmiger Blende gemessen c) Mit abgerundeter Blende gemessen

von Bürck, Kotowski und Lichte, zuerst durch Vergleichen mit einem Dauerton die Kennzeiten für plötzlich geschaltete Sinustöne festgestellt, d. h. die Töne wurden durch eine rechteckförmige Blende kurzzeitig eingeschaltet (siehe Abb. 10b) und die Zeit gemessen, die der Ton bestehen muß, um noch in seiner Tonhöhe richtig erkannt zu werden. Diese Messungen wurden mit verschiedenen Versuchspersonen durchgeführt, denen der eigentliche Zweck der Messungen unbekannt war; die Meßergebnisse sind in Abb. 8 dargestellt. Aus den Kurven der Versuchspersonen a und c, deren Werte am besten reproduzierbar waren (sie stammen von musikalischen Personen), wurde die Mittelwertskurve gebildet, die Abb. 9 Kurve b zeigt.

Zum Vergleich wurde die von Bürck, Kotowski und Lichte gemessene untere Grenzkurve des Tonerkennungsvermögens eingezeichnet (Abb. 9, Kurve a). Der beiderseitige Kurvenverlauf zeigt eine recht gute Übereinstimmung, nur ist Kurve *b* nach kürzeren Zeiten hin verschoben; so hat Kurve *b* bei etwa 3000 Hz mit 4 msec ihr Minimum,

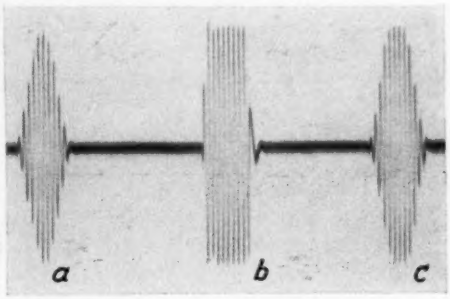


Abb. 10. Oszillogramm eines mit sinusförmiger (*a*), rechteckförmiger (*b*) und abgerundeter Blende (*c*) geschalteten Tones

während das Minimum für Kurve *a* bei 7,8 msec liegt, was für *a* wahrscheinlich auf einen etwas größeren Einschaltknack, d. h. einen größeren Anteil an Fremdfrequenzen hindeutet. Hier ist zu erwähnen, daß einige Versuchspersonen bei den oben geschilderten Messungen deutlich empfanden, daß der dargebotene Vorgang subjektiv eine klare Trennung zwischen dem Ton und dem auftretenden Knack zuläßt. Wird die Einschaltzeit verkürzt, so wird die Tonempfindung immer schwächer, während der Knack immer lauter wird; schließlich tritt eben gerade bei der Tonkennzeit ein Effekt auf, den die betreffenden Personen subjektiv deutlich als eine Verdeckung des Tones durch den Knack empfanden.

Betrachtet man das Erkennungsvermögen hauptsächlich als eine Funktion des entstehenden Frequenzspektrums, so ist zu erwarten, daß sich durch Herabsetzung des Anteils der Seitenfrequenzen im Spektrum des geschalteten Tones noch kürzere Kennzeiten als die durch Kurve *b* Abb. 9 dargestellten ergeben müssen. Diese Bedingung ist nun realisierbar durch Verwendung von abgerundeten Blendenformen zum Schalten des Tones, d. h. durch Ein- und Ausschalten mit Zeitkonstante. Diese Messungen wurden mit den gleichen Versuchspersonen wie bei dem ersten Versuch unter Verwendung einer Blende durchgeführt, die die in Oszillogramm Abb. 10, *c*, dargestellte Umhüllungskurve des geschalteten Tones ergibt. Abb. 11 zeigt die mit den

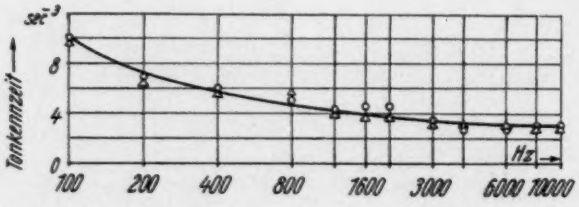


Abb. 11. Experimentell aufgenommene Tonkennzeiten für mit Zeitkonstante geschaltete Töne
Versuchsperson a; Versuchsperson b

Versuchspersonen a und c aufgenommenen Meßwerte, die hier auffallend gut übereinstimmen und deren Mittelwertskurve, die in Abb. 9 als Kurve *c* eingezeichnet ist.

Während bei mittleren Frequenzen Kurve *c* nur wenig unter Kurve *b* liegt, zeigt sie bei tiefen und hohen Frequenzen nur etwa halbsolange Kennzeiten als diese. Vergleicht man bei gleichen, Kurve *c* entsprechenden Schaltzeiten die durch die beiden verschiedenen Blenden geschalteten Töne, so klingt bei niederen Frequenzen der ohne Zeitkonstante geschaltete Ton höher, bei mittleren Frequenzen etwa gleich und bei hohen Frequenzen tiefer als der mit Zeitkonstante geschaltete Ton, der gerade noch tonhöhenrichtig empfunden wird. Diese Tatsache erklärt sich daraus, daß der plötzlich geschaltete Ton ein breiteres Frequenzspektrum besitzt als der mit Zeitkonstante geschaltete. Bei einem kurzzeitig eingeschalteten Ton tiefer Frequenz werden auf Grund der Ohrempfindlichkeitskurve die unterhalb der Sollfrequenz liegenden Teiltöne leiser empfunden als die oberhalb davon liegenden, die lauter wirken. Da bei den in Frage kommenden Schaltzeiten das Frequenzspektrum nahezu symmetrisch ist, bedeutet dies, daß sich empfindungsmäßig der Schwerpunkt des Frequenzspektrums nach höheren Frequenzen hin verschiebt, d. h. der geschaltete Ton klingt höher. Das Entsprechende gilt sinngemäß für die hohen Frequenzen. Wird die Einschaltdauer eines Tones zu kurz, so wird das Frequenzspektrum so breit, daß, schon mit Rücksicht auf die Empfindlichkeitskurve des Ohres, der tonhöhenrichtigen Erkennbarkeit von kurzzeitig eingeschalteten Tönen eine Grenze gezogen ist.

Für die qualitative Auswertung der gemessenen Kurven ist die Kenntnis des Energiespektrums des jeweils für die Dauer seiner Kennzeit eingeschalteten Tones von Wichtigkeit. Am elegantesten und den Tatsachen am besten Rechnung tragend erschien es, die Frequenzspektren mit Hilfe eines sehr kurze Analysierzeiten erlaubenden, elektrischen Analysators, der von G. WEYMANN gebaut ist, aufzuzeichnen[7]). Da naturgemäß ein einmaliger Schallvorgang, der an sich unperiodisch ist, nicht analysiert werden kann, muß dieser durch dauernde Wiederholung periodisch gemacht werden. Um eindeutige Ergebnisse zu erhalten, muß hierbei die Bedingung erfüllt werden, daß die tiefste vorkommende Frequenz größer ist als die Durchlaßbreite des Analysators, dessen Halbwertsbreite etwa 3,5 Hz beträgt. Es zeigte sich, daß es genügte, wenn der Vorgang etwa 5mal pro Sekunde wiederholt wurde, damit alle auftretenden Frequenzen als Obertöne der Grundfrequenz noch durch den Analysator aufgelöst und damit amplitudenrichtig erfaßt werden können. Da nur die Hüllkurve um die einzelnen Teiltonamplituden interessiert, diese aber unabhängig von dem Grundton und damit dem Abstand der Ober-

[7]) G. WEYMANN, Über den Aufbau von Suchtonanalysatoren. Hochfrequenztechn. 49 (1937), S. 181.

töne voneinander ist[8])[9]), ist das Meßergebnis in verhältnismäßig weiten Grenzen unabhängig von der Drehzahl der Blendenscheibe, sofern sie über 5 pro Sekunde liegt und andererseits die Analysiergeschwindigkeit nicht zu groß ist. Für den Bereich von 0—10000 Hz betrug die Analysierdauer 2 Minuten, d. h. die Analysiergeschwindigkeit war $\gamma = 83$ Hz/sec. Die Ausschläge des Analysators wurden mit einem Oszillographen aufgezeichnet, dessen Papier-

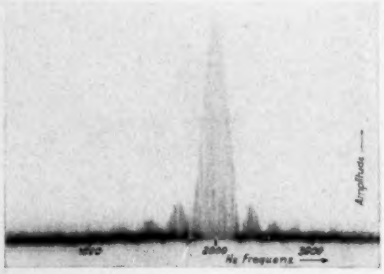


Abb. 12a

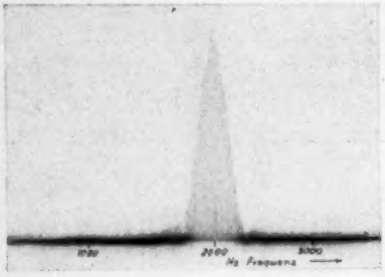


Abb. 12b

Abb. 12. Mit automatischem Analysator aufgenommene Frequenzspektren eines für 4 msec Dauer eingeschalteten Tones von 2000 Hz
a) mit Rechteckblende geschaltet
b) mit abgerundeter Blende geschaltet

trommel direkt mit dem Kondensator des Analysators gekuppelt war, wodurch eine Festlegung des Frequenzmaßstabes gegeben ist. Da die Ausschläge des Analysators linear mit der angelegten Spannung wachsen, können die Oszillogramme direkt ausgewertet werden. Mehrere Frequenzen des Hörbereiches wurden jeweils mit ihren aus Abb. 9, Kurve *b* bzw. *c* entnommenen Kennzeiten geschaltet und hierfür jedesmal die Analyse durchgeführt. Die Oszillogramme *a* und *b* in Abb. 12 zeigen je eine Analyse eines mit rechteckförmiger und abgerundeter Blende, für 4 msec Dauer eingeschalteten Tones von 2000 Hz, und man sieht, daß, wie zu erwarten war, in dem Frequenzspektrum des mit Zeitkonstante geschalteten Tones der Anteil der Fremdfrequenzen bedeutend geringer ist als in dem Spektrum des ohne Zeitkonstante geschalteten Tones.

Zum Beweis für die Richtigkeit der Analysen wurde eine kurzzeitig eingeschaltete Schwingung mit sinusförmiger Umhüllungskurve (entsprechend Abb. 10, *a*) aufgezeichnet und mit dem Maderschen Analysator analysiert. Wie Abb. 13 zeigt, stimmt die mit dem Maderschen Analysator und die auf elektrischem Wege gewonnene Hüllkurve des gleichen Vorganges vollständig überein. Hier ist zu erwähnen, daß naturgemäß bei der Analyse mit dem Maderschen Analysator wegen der geringen Zahl der Harmonischen, die ermittelten Punkte so weit auseinander liegen, daß die Feinheiten der Hüllkurve im Bereich der Seitenfrequenzen nicht zum Ausdruck kommen können.

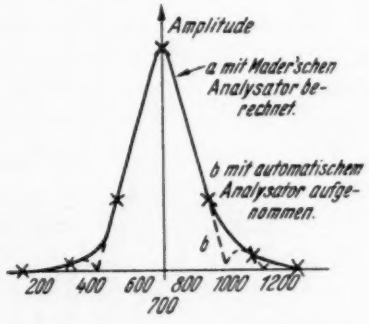


Abb. 13. Hüllkurven um das Frequenzspektrum eines kurzzeitig eingeschalteten Tones

Zur Feststellung der einzelnen interessierenden Energieanteile innerhalb des Spektrums wurde die äußere Umhüllungskurve des Frequenzspektrums entsprechend der Abb. 12 aufgenommen, danach quadriert und entsprechend den Überlegungen von Bürck, Kotowski und Lichte[4]) jeweils ein Bereich

[8]) E. Madelung, Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers (1936), S. 28.

[9]) H. Salinger, Zur Theorie der Frequenzanayse mittels Suchton. Elektr. Nachr.-Techn. 6 1929), S. 300.

von $\pm 2\%$ um die geschaltete Frequenz herum abgegrenzt und der Energieanteil in diesem Bereich durch Ausplanimetrieren festgestellt. Diese einzelnen Energieanteile wurden in Prozenten der Gesamtenergie des Spektrums über der Frequenz aufgetragen (Abb. 14).

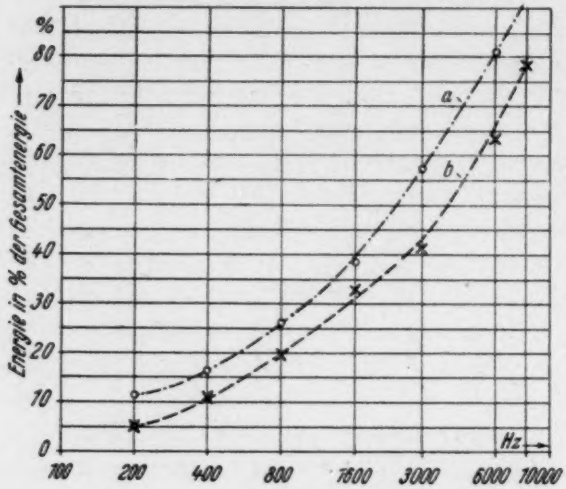
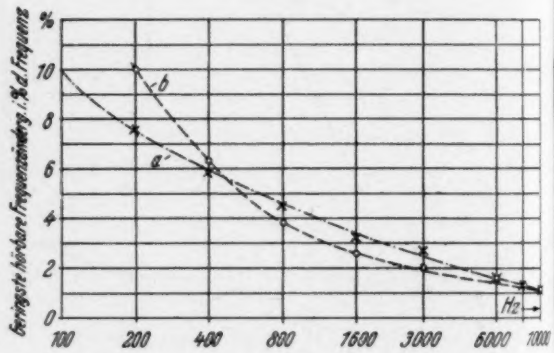


Abb. 14. Anteil der Gesamtenergie des Spektrums innerhalb eines Frequenzbereiches von $\pm 2\%$ um die Sollfrequenz. Ton jeweils für seine aus Abb. 9 entnommene Kennzeit eingeschaltet
a) für die rechteckförmige Blende
b) für die abgerundete Blende

Der Kurvenverlauf für die rechteckförmige und die abgerundete Blende ist praktisch gleich (Kurve *a* bzw. *b*), nur liegt der zum Tonerkennen notwendige Energieanteil für die abgerundete Blende, d. h. für den Schallvorgang mit dem schmäleren Energiespektrum, gleichbleibend unter dem der Rechteckblende. Diese Tatsache erklärt sich daraus, daß die weiter vom Sollton liegenden Störfrequenzen deshalb mit einem größeren Gewicht behaftet erscheinen als die näherliegenden, da sie nicht so stark verdeckt werden wie diese. Die Energieanteile unterhalb und oberhalb des Solltones sind bei allen Frequenzen nahezu gleich groß, was natürlich eine der Voraussetzungen für die tonhöhenrichtige Erkennbarkeit des Tones ist.

Der Verlauf der Kurven für den Energieanteil um die Sollfrequenz (Abb. 14) ist nicht ohne weiteres plausibel, da hiernach für die rechteckförmige Blende bei 200 Hz etwa 11% und bei 8000 Hz dagegen 93%, für die abgerundete Blende 6% bzw. 78% der Gesamtenergie zum Tonerkennen notwendig sind. Das hat wohl seinen Grund darin, daß die Annahme eines konstanten Frequenzbereiches von $\pm 2\%$ den tatsächlichen Vorgängen nicht hinreichend gerecht wird. In Wirklichkeit muß dieser Frequenzbereich von dem Tonhöhenunterscheidungsvermögen abhängig sein. Man kommt nun, wie im folgenden gezeigt werden soll, zu einer befriedigenden Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen, wenn man denjenigen Frequenzbereich als für das Tonerkennen entscheidend betrachtet, der dem Tonhöhenunterscheidungsvermögen der einzelnen Frequenzen bei ihren Kennzeiten entspricht. Hierzu muß festgestellt werden, welche prozentuale Tonhöhenänderung des jeweils für seine Kennzeit eingeschalteten Tones gerade feststellbar wird. Die Messung ergibt (Abb. 15), daß das so definierte Unterscheidungsvermögen für tiefe Frequenzen geringer ist als für hohe Frequenzen; so kann bei 100 Hz eine 10%ige Tonhöhenänderung, bei 10000 Hz dagegen eine solche von 1% bei den Kennzeiten gerade nicht mehr festgestellt werden.



Ab.. 15. Tonhöhenunterscheidungsvermögen bei den Kennzeiten.
a) Mit rechteckförmiger Blende gemessen
b) mit abgerundeter Blende gemessen

Die Tendenz dieser Kurve ist etwa die gleiche wie die der Kurve für das Tonhöhenunterscheidungsvermögen bei Dauertönen, die jedoch nach kleineren Werten hin verschoben ist[10]). Es ist nun weiter der den Meßwerten

[10]) H. FLETSCHER, J. Franklin Inst. (1923), S. 295.

Abb. 15 entsprechende Bereich um die geschaltete Frequenz herum abzugrenzen und dessen prozentualer Energieanteil zu bestimmen. In Abb. 16 sind die so erhaltenen Ergebnisse aufgetragen, und man sieht, daß der zum Tonerkennen notwendige Anteil der Gesamtenergie für die Rechteckblende von 41% bei 200 Hz auf 78,5% bei 8000 Hz (Kurve *a*) und für die abgerundete Blende von 30% auf 53% ansteigt (Kurve *b*), was gegenüber den Ergebnissen nach Abb. 14 wesentlich wahrscheinlicher erscheint.

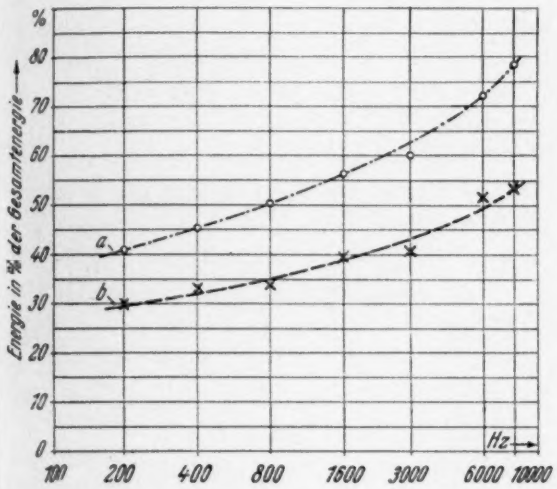


Abb. 16. Anteil der Gesamtenergie des Spektrums innerhalb eines Frequenzbereiches um den Sollton, der dem Tonhöhenunterscheidungsvermögen bei den Kennzeiten (Abb. 15) entspricht. Ton jeweils für seine aus Abb. 9 entnommene Kennzeit eingeschaltet
a) für die rechteckförmige Blende
b) für die abgerundete Blende

Bürck, Kotowski und Lichte kommen auf Grund von theoretischen Überlegungen und unter der Annahme, daß das Ohr ein einwelliges Resonanzgebilde im aperiodischen Grenzfall darstellt, zu einer vereinfachten Formel für die Tonkennzeit:

$$T = 2 \cdot \sqrt{n} / p \cdot \varepsilon .$$

Hierin bedeuten:

p = die gerade feststellbare prozentuale Tonhöhenänderung bei Dauertönen,
n = Energie in der Nähe des Solltones in Prozenten aller anderen Energieanteile,
ε = Kreisfrequenz des Solltones.

Bürck, Kotowski und Lichte bestimmen den Wert für p entsprechend der Tatsache, daß beim Nacheinanderhören zweier Töne im allgemeinen noch Vierteltonabweichungen festgestellt werden, während Achteltonabweichungen selten gehört werden, was prozentualen Abweichungen von 3% bzw. 1,5% entspricht.

Es wird daher angenommen, daß alle höchstens 2% von dem geschalteten Ton abliegenden Teilfrequenzen zu seiner Erkennbarkeit beitragen und es wird dieser Wert von $p = 2\%$ in die Formel eingesetzt. Zur Bestimmung der Energie n, die notwendig ist, um innerhalb eines Klanggemisches einen Einzelton noch erkennen zu können, dient die Tatsache, daß im allgemeinen in Dreiklängen die Einzeltöne noch gut zu unterscheiden sind, daß also ein Ton noch gut erkannt wird, wenn er $^1/_3$ der Gesamtenergie besitzt. Da es allerdings bei musikalischen Menschen vorkommt, daß sie bis zu 10 Tönen gleichzeitig erkennen, so schwankt hiernach der zum Tonerkennen notwendige Energieanteil zwischen $^1/_3$ und $^1/_{10}$ der Gesamtenergie. Auf Grund dieser Überlegungen setzen Bürck, Kotowski und Lichte für den prozentualen Energieanteil den konstanten Wert von $n = 25\%$, das sind 20% der Gesamtenergie, in die Rechnung ein. Es sei erwähnt, daß sich aus unseren Messungen (Abb. 14 und Abb. 16) ein zum Tonerkennen notwendiger Energieanteil von etwa 55% der Gesamtenergie im Mittel über den gesamten Frequenzbereich ergab. Dieser Unterschied ist so zu erklären, daß in einem Klanggemisch von weiter auseinander liegenden Tönen, wie es ein Dreiklang darstellt, die Einzeltöne leichter erkannt werden als in einem Spektrum von sehr nahe beieinander liegenden Tönen, bei dem die Erkennbarkeit eines Einzeltones durch die Einwirkung des Verdeckungseffektes geringer sein muß. Bürck, Kotowski und Lichte führen also die Rechnung unter der Annahme durch, daß alle in dem Bereich von $\pm 2\%$ um den geschalteten Ton liegenden Frequenzen zum Tonerkennen beitragen und daß in diesem Gebiet etwa 20% der Gesamtenergie konzentriert sein müssen und erhalten

so die in Abb. 17, *a*, dargestellte Kurve für die Tonkennzeit.

Da die vorstehende Formel von BÜRCK, KOTOWSKI und LICHTE als einleuchtend anzunehmen ist, andererseits jedoch die von ihnen errechneten Werte für die Tonkennzeiten mit den experimentell gefundenen Werten keine befriedigende Übereinstimmung ergaben, durfte angenommen werden, daß durch eine Verschärfung der Annahmen eine bessere Angleichung der theoretischen Ergebnisse an die experimentell gefundenen Werte zu erzielen

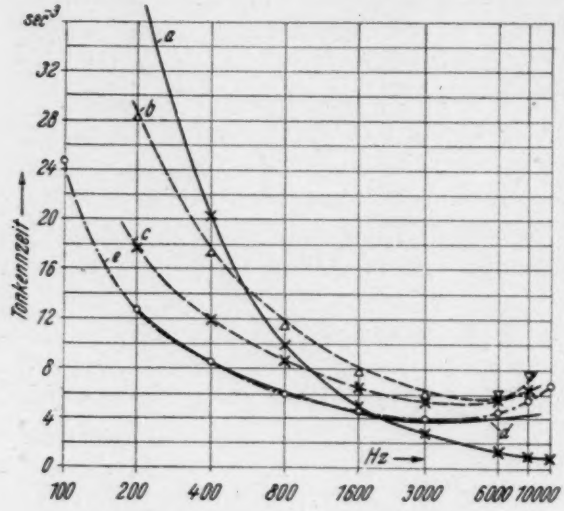


Abb. 17. Tonkennzeiten für plötzlich geschaltete Sinustöne

a) gerechnet für $p = 2\%$ und $n = 25\%$
b) gerechnet für $p = 2\%$ und n nach Abb. 14 (Kurve *a*)
c) gerechnet für p nach Abb. 15 (Kurve *a*) und n nach Abb. 16 (Kurve *a*)
d) wie c aber dividiert durch $\sqrt{2}$
e) gemessen

ist. So wurden zuerst unter Beibehaltung der Größe $p = 2\%$ die Abb. 14 entsprechenden Werte für n in die Formel eingesetzt und die Kurve für die Tonkennzeit errechnet (Abb. 17, Kurve *b*). Wie man sieht, ist die Übereinstimmung mit der gemessenen Kurve (Kurve *e*) bereits verhältnismäßig befriedigend, vor allem kommt das Anwachsen der Werte für das Tonerkennungsvermögen bei den hohen Frequenzen zum Ausdruck.

Um den physikalischen Gegebenheiten noch weitgehender gerecht zu werden, wurden statt eines für alle Frequenzen gleichen Betrages für p die aus Abb. 15 entnommenen Werte für das Tonhöhenunterscheidungsvermögen bei den Kennzeiten und die dazugehörigen Energieanteile (Abb. 16) der Berechnung zugrunde gelegt; man erhält so die Tonerkennungskurve Abb. 17, *c*.

Wie man sieht, stimmt der Kurvenverlauf der errechneten und der gemessenen Kurve praktisch überein, während die absolute Verschiebung der errechneten Kurve nach längeren Zeiten hin evtl. durch die Tatsache erklärt werden kann, daß bei der Berechnung der Kurve Abb. 17, *c*, für den Anteil der Fremdfrequenzen ein zu kleiner Wert eingesetzt worden ist, so daß n zu groß wird. Berücksichtigt man aber, daß die weiter vom Sollton abliegenden Fremdfrequenzen gehörmäßig mit einem größeren Gewicht behaftet erscheinen als die in der Nähe des Solltones liegenden Frequenzen, da sie nicht so stark verdeckt werden wie diese, so scheint es erlaubt, für den Anteil der Fremdfrequenzen einen größeren Wert, etwa das Doppelte, einzusetzen. Hierdurch wird der Wert für $\sqrt{n}$, $\sqrt{2}$mal kleiner und man kann die Formel schreiben:

$$T = \sqrt{2 \cdot n} / p \cdot \varepsilon .$$

Mit diesen Annahmen ergibt sich zwischen der theoretischen und der experimentell gewonnenen Kurve eine praktisch vollkommene Übereinstimmung (Abb. 17, Kurve *d*). Die Rechnung wurde unter den gleichen Bedingungen für die mit abgerundeter Blende geschalteten Töne durchgeführt und ergab auch hier die gleichgute Übereinstimmung der errechneten und der gemessenen Kurve (Abb. 18, Kurve *c* bzw. *d*).

Das Ergebnis beweist, daß die von BÜRCK, KOTOWSKI und LICHTE angegebene Formel zur Berechnung der minimal erforderlichen Tonerkennungszeiten die Tatsachen im Prinzip gut wiedergibt, daß aber die Theorie nur dann mit dem Experiment völlig übereinstimmt, wenn der Rechnung die gemessenen Werte für das Tonhöhenunterscheidungsvermögen bei den Kennzeiten und für den zum Tonerkennen notwendigen Energieanteil zugrunde gelegt werden und wenn außerdem den Fremdfrequenzen

energiemäßig das doppelte Gewicht beigelegt wird.

2. Die physiologische Einschwingzeit

Zur Messung der von v. Békésy und später von Bürck, Kotowski und Lichte definierten physiologischen Einschwingzeit[3]) wird ein Ton kurz hintereinander einmal ohne und einmal mit Zeitkonstante eingeschaltet und diese

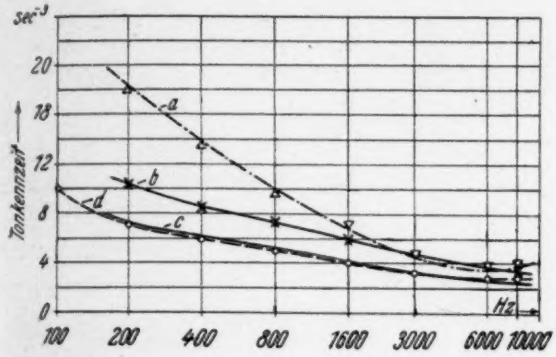


Abb. 18. Tonzeitkurven für mit Zeitkonstante geschalteten Sinustöne

a) gerechnet für $p = 2\,\%$ und n nach Abb. 14 (Kurve b)
b) gerechnet für p nach Abb. 15 (Kurve b) und n nach Abb. 16 (Kurve b)
c) wie b aber dividiert durch $\sqrt{2}$
d) gemessen

so lange verkleinert, bis man gerade keinen Unterschied des Anklingens mehr feststellen kann. Die physiologische Einschwingzeit ist dann gleich dieser Einschaltzeit. v. Békésy versuchte bei der Messung der physiologischen Einschwingzeit von dem Einschaltknack zu abstrahieren, während Bürck, Kotowski und Lichte diesen gerade als wesentlichen Faktor bei der Bestimmung der Einschwingzeit betrachten, da ja physikalisch ein Einschwingen ohne Einschaltknack überhaupt nicht möglich ist; dies bedeutet, daß gerade der Einschaltknack ein Kriterium zur Bestimmung der physiologischen Einschwingzeit darstellt. Aus der von Bürck, Kotowski und Lichte gemessenen Kurve[3]) geht hervor, daß die physiologische Einschwingzeitkonstante an den Rändern des Frequenzbereiches etwa 0,3 msec beträgt, während sie bei 200 Hz mit etwa 8 msec ein Maximum besitzt, eine Tatsache, die mit Verdeckungseffekten erklärt wird. Diesen Zeitkonstanten entsprechen Einschwingdauern von 0,7 msec im Minimum und 18 msec im Maximum bis zur Erreichung von 90% der Endamplitude.

Diese Messung der physiologischen Einschwingzeit wurde nun mit Hilfe der vorliegenden Apparatur nachgeprüft, wobei der Ton einmal durch eine Rechteckblende plötzlich eingeschaltet wurde (Einschaltzeit 0,05 msec), während die Vergleichsblende eine Einschaltdauer von 0,5 msec bei annähernd exponentiellem Anstieg ergab. In beiden Fällen wurde der Ton nach dem Einschalten 35 msec konstant gehalten, um dann innerhalb 20 msec linear abfallend abgeschaltet zu werden (ähnlich wie die Oszillogramme in Abb. 19). Durch das langsame Abschalten wurde das Entstehen eines Ausschaltknackes und damit eine Herabsetzung des Unterscheidungsvermögens für den Einschwingvorgang vermieden.

Von allen Beobachtern konnten die beiden verschiedenen Einschaltvorgänge deutlich unterschieden werden, wobei jeweils an der Klangfarbe des Einschaltknackes festgestellt werden konnte, ob der Ton mit oder ohne Zeitkonstante eingeschaltet wurde. Am deutlichsten waren

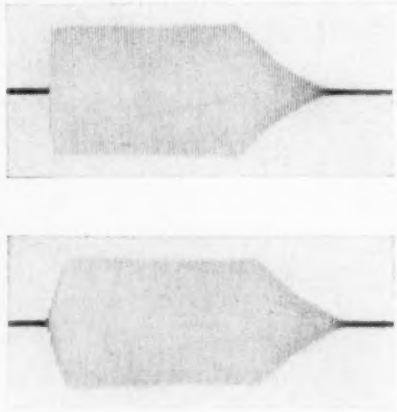


Abb. 19. Oszillogramme verglichener Schallvorgänge zur Bestimmung der physiologischen Einschwingzeit

die Unterschiede in dem Bereich von etwa 50—800 Hz hörbar, während in dem Bereich von etwa 1200—5000 Hz die Unterschiede nicht mehr so kraß waren, um dann aber ab etwa 6000 Hz wieder größer zu werden. Eine

weitere Vergleichsmessung mit einer Einschaltzeit von 0,25 msec ergab auch hier noch ein einwandfreies Unterscheidungsvermögen für die tiefen und die hohen Frequenzen, während in dem Bereich von 3000 Hz kein Unterschied mehr feststellbar war. Um die Genauigkeit des Unterscheidungsvermögens evtl. noch zu erhöhen, wurden entsprechend „angeschlagenen" Tönen die Vergleichsmessungen mit Blenden durchgeführt, die den Ton sofort nach dem Einschwingen wieder abklingen ließen, wodurch eine Verdeckung des eigentlichen Einschwingvorganges durch den nachfolgenden Dauerton vermieden wird. Die hiermit erhaltenen Ergebnisse entsprachen den Werten für die zuerst gewählte Blendenform, nur daß das Unterscheidungsvermögen durchweg etwas größer war, so daß auch bei 3000 Hz zwischen dem plötzlichen Einschalten und dem Schalten mit einer Einschwingzeit von 0,25 msec gerade noch ein Unterschied gehört wurde. Da für noch kürzere Zeiten die Genauigkeit der Blenden nicht mehr groß genug gewesen wäre, konnte eine Kurve für die physiologische Einschwingzeit nicht aufgenommen werden. Wie aus dem Geschilderten hervorgeht, wurde festgestellt, daß die physiologische Einschwingzeit für alle Frequenzen zwischen 50 und 10000 Hz bestimmt kleiner als 0,25 msec ist.

Während an den Grenzen des untersuchten Frequenzbereiches die Meßergebnisse mit den Messungen von Bürck, Kotowski und Lichte größenordnungsmäßig übereinstimmen, sind die Unterschiede in der Gegend von 200 Hz nur durch verschiedene Versuchsbedingungen erklärlich. So würde die Verwendung eines magnetischen bzw. eines elektrostatischen Kopfhörers beim Abhören der Einschwingvorgänge schon größere Unterschiede in den Meßwerten bedingen, beträgt doch die Einschwingzeit eines elektromagnetischen Kopfhörers u. U. bis zu 10 msec, wie aus einem Oszillogramm für die Strom- und Membranamplitude hervorgeht, das in der Arbeit über den Aufbau des Tonhöhenbewußtseins von Bürck, Kotowski und Lichte angegeben wird[4]). Daher wurden die Messungen zur Bestimmung der physiologischen Einschwingzeit mit einem normalen magnetischen Kopfhörer wiederholt, und es ergab sich, daß zwischen einer Einschaltdauer von 0,55 msec und dem plötzlichen Einschalten in keinem Falle unterschieden werden konnte. Erst bei Einschaltzeiten von 1 msec an konnten bei Frequenzen von etwa 700 Hz an Unterschiede festgestellt werden. Bei tiefen Frequenzen mußte die Einschaltzeit vergrößert werden, so bei 300 Hz auf 3 msec, damit die beiden Einschaltvorgänge unterschieden werden konnten. Hieraus ist zu entnehmen, daß der magnetische Kopfhörer bei tiefen Frequenzen Resonanzen besitzt, die die Einschwingvorgänge verfälschen, und es ist möglich, daß auch bei den Messungen von Bürck, Kotowski und Lichte das Maximum der physiologischen Einschwingzeit bei 200 Hz durch eine Resonanzstelle des verwendeten Kopfhörers vorgetäuscht wurde. Darüber hinaus werden die Unterschiede zwischen dem plötzlichen Einschalten und dem Schalten mit kleinen Zeitkonstanten bei den hohen Tönen durch das Fehlen der höheren Frequenzen bei ungünstigem Verlauf des Frequenzganges des Kopfhörers stark verwischt. Bei Verwendung eines älteren dynamischen Lautsprechers konnten die gleichen Feststellungen gemacht werden. Vergleichende Messungen für gleiche, kurze Einschaltzeiten zwischen dem magnetischen und dem elektrostatischen Telephon zeigten mit großer Deutlichkeit den überaus großen Qualitätsunterschied zwischen beiden Systemen.

Nach vorstehendem ist also anzunehmen, daß Bürck, Kotowski und Lichte bei Verwendung eines elektrostatischen Kopfhörers auch quantitativ zu ähnlichen Ergebnissen gekommen wären, wie sie hier mitgeteilt werden.

3. Grenzen des Unterscheidungsvermögens für Schaltvorgänge mit verschiedenen Hüllkurven

Nachdem es sich gezeigt hatte, daß das Ohr auf Einschwingvorgänge verschiedener Dauer sehr empfindlich reagiert, war es weiterhin von Interesse, inwieweit Einschaltvorgänge bzw. kurze Schallvorgänge gleicher Zeitdauer, aber verschiedener Kurvenform unterschieden werden können. Die Messungen wurden so

durchgeführt, daß zwei Anklingvorgänge verschiedener Kurvenform (Abb. 20) mit gleichen Zeiten abwechselnd den Ton schalteten und die Einschaltzeiten dann gleichbleibend so lange verkürzt wurden, bis das Ohr zwischen den beiden Vorgängen keinen

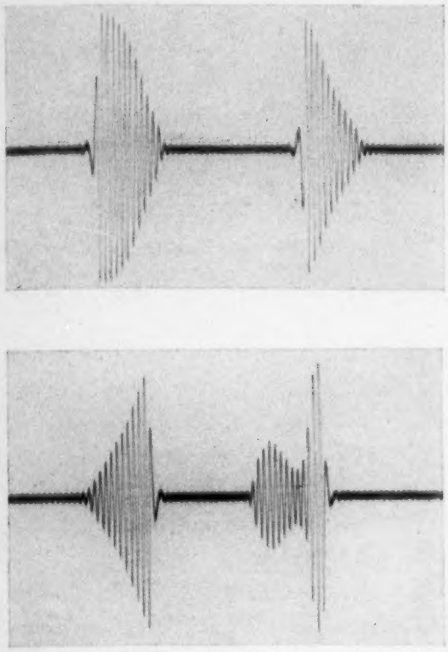


Abb. 20. Oszillogramme der verglichenen Anklingvorgänge zur Bestimmung des Unterscheidungsvermögens für Schallvorgänge mit verschiedenen Hüllkurven

Unterschied mehr feststellen konnte. Bei der ersten Versuchsreihe wurden nur die verschiedenen Anklingvorgänge hergestellt und der Ton nach Erreichen der Maximalamplitude ohne Zeitkonstante abgeschaltet. Daraufhin wurden die gleichen Anklingvorgänge untersucht, nur daß der Ton innerhalb einer Zeit ausklang, die 5mal so groß war wie die Dauer eines Einschwingvorganges. In beiden Versuchsreihen konnten die jeweils verglichenen Anklingvorgänge noch bei 2 msec Dauer und Frequenzen zwischen 100 und 10000 Hz unterschieden werden, wobei das Unterscheidungsvermögen bei periodischer Wiederholung größer war als bei einer einmaligen Reproduktion.

Wie sich bei den Messungen zeigte, kann das Unterscheidungsvermögen in zwei deutlich verschiedene Bereiche getrennt werden. Bei verhältnismäßig langen Einschaltzeiten, etwa bis 10 msec herunter, beschränkt sich der hörbare Unterschied hauptsächlich auf die Verschiedenheit der Hüllkurven, man empfindet deutlich das amplitudenmäßig verschiedenartige Anschwellen des geschalteten Tones, Unterschiede in der Klangfarbe des Einschwingvorganges werden noch kaum bemerkt. Nach einem Übergangsbereich, in dem sowohl die empfundene Hüllkurve sowie der schon entstehende Unterschied im Spektrum die Unterscheidung ermöglicht, beschränkt sich bei kürzeren Zeiten das Unterscheidungsvermögen fast ausschließlich auf die Klangfarbe der Einschwingvorgänge.

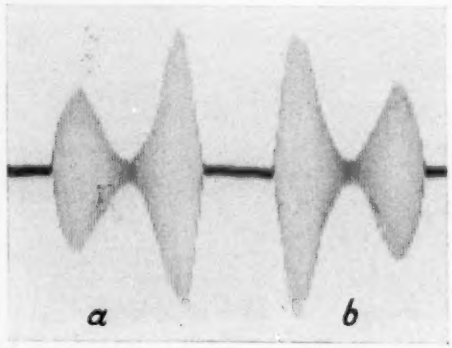


Abb. 21. Oszillogramm der verglichenen spiegelbildlichen Schallvorgänge

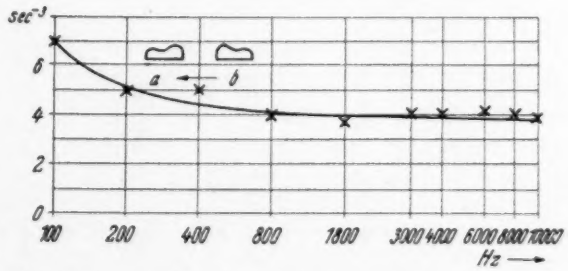


Abb. 22. Zeiten, bis zu denen die Vorgänge Abb. 21 noch unterschieden werden können

Hier ist es nun von Interesse, festzustellen, ob bei kurzen Einschaltzeiten allein das entstehende Spektrum als Ganzes oder auch der zeitliche Ablauf des Vorganges für das Unterscheidungsvermögen maßgebend ist. Zu diesem Zwecke steuerten zwei spiegelbildlich gleiche Blenden abwechselnd den Schallvorgang (Abb. 21). Die so verglichenen Schallvorgänge konnten

noch bis zu den in Abb. 22 aufgezeichneten Zeiten unterschieden werden.

Der entsprechende Versuch wurde weiterhin mit den in Abb. 23 dargestellten spiegelbildlichen Schallvorgängen durchgeführt, wobei festgestellt werden konnte, daß diese bei allen Frequenzen zwischen 100 und 10000 Hz noch bis zu 1 m/sec Dauer unterschieden werden können. Obgleich das Spektrum, als Ganzes betrachtet, für beide Vorgänge genau gleich ist, klingt doch bei allen Frequenzen der Schallvorgang *a*, Abb. 23, „weicher" als der Schallvorgang *b*, der „spitz" klingt. Diese Tatsache kann so erklärt werden, daß bei Vorgang *a*, entsprechend dem stetigen Ein-

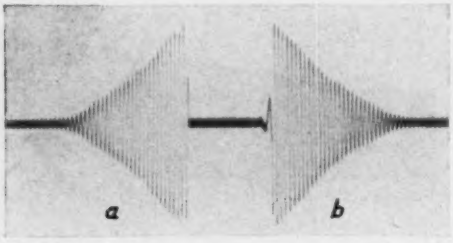


Abb. 23. Oszillogramm der verglichenen spiegelbildlichen Schallvorgänge

schwingen, der geschaltete Ton selbst und die diesem benachbarten Frequenzen empfindungsgemäß mit einem größeren Gewicht behaftet erscheinen, als der am Ende des Schallvorganges auftretende Knack, bei dem sich die Empfindlichkeit des Ohres durch das vorangegangene Schallereignis schon vermindert hat. Im Falle *b* wird umgekehrt der zuerst auftretende Knack gegenüber dem ausschwingenden Ton mehr zur Wirkung kommen. Es erscheint lohnend, zu untersuchen, ob es sich hier um eine Ermüdungserscheinung oder um einen Verdeckungseffekt handelt.

Zusammenfassend ergibt sich, daß zwischen Schallereignissen verschiedener Hüllkurven dem Ohr mehrere Unterscheidungsmöglichkeiten gegeben sind; so empfindet man bei länger dauernden Schallereignissen die Verschiedenartigkeit der Hüllkurven direkt amplitudenmäßig. Bei kurzdauernden Schallvorgängen von etwa 10 msec an abwärts reagiert dagegen das Ohr vor allem auf die Verschiedenartigkeit des Frequenzspektrums als Ganzes sowie auf die zeitliche Aufeinanderfolge charakteristischer Abschnitte innerhalb des Schallereignisses, die, abgesehen von dem empfundenen Nacheinanderertönen, auch entsprechend der Aufeinanderfolge von dem Ohr mit verschiedenen Gewichten versehen werden.

Zusammenfassung

Es wird eine Apparatur beschrieben, die gestattet, Einschwingvorgänge von 0,3 msec Dauer bis 1,8 sec Dauer und beliebiger Form der Hüllkurve des einschwingenden Tones herzustellen, wobei die Apparatur alle Frequenzen zwischen 25 und 18000 Hz praktisch gleichmäßig überträgt.

Die Grenzen des Tonerkennungsvermögens werden gemessen und die Resultate mit den Meßergebnissen von Bürck, Kotowski und Lichte verglichen. Es wird festgestellt, daß zum tonhöhenrichtigen Erkennen von plötzlich geschalteten Tönen im Bereich von 3000 Hz 4 m/sec und von Tönen die mit Zeitkonstante geschaltet werden, im Minimum 3 msec erforderlich sind. Es wird gezeigt, daß die von Bürck, Kotowski und Lichte angegebene Formel zur Berechnung der minimal erforderlichen Tonkennzeiten aus der Energiekonzentration in der Nähe der geschalteten Frequenz die Tatsachen gut wiedergibt, sofern die experimentell gefundenen Werte für das Tonhöhenunterscheidungsvermögen bei den Kennzeiten und für den zum Tonerkennen notwendigen Energieanteil eingesetzt werden.

Die physiologische Einschwingzeit entsprechend der Definition von Bürck, Kotowski und Lichte wird gemessen. Sie ergibt sich für alle Frequenzen zwischen 50 und 10000 Hz zu kleiner oder gleich 0,25 msec.

Das Unterscheidungsvermögen für Einschwingvorgänge mit verschiedenen Hüllkurven wird untersucht. Es wird festgestellt, daß dem Ohr mehrere Unterscheidungsmöglichkeiten für Schallereignisse mit verschiedenen Hüllkurven gegeben sind. Bei länger dauernden Schallereignissen empfindet man die Hüllkurve direkt amplitudenmäßig. Bei Schallvorgängen von

etwa 10 msec an abwärts reagiert das Ohr vor allem auf die Verschiedenartigkeit des Frequenzspektrums als Ganzes sowie auf die zeitliche Aufeinanderfolge charakteristischer Abschnitte innerhalb des Schallereignisses. Diese werden, entsprechend der Aufeinanderfolge, von dem Ohr mit verschiedenen Gewichten versehen.

Die vorliegende Arbeit wurde am Lehrstuhl für theoretische Elektrotechnik und Schwachstromtechnik an der Technischen Hochschule, Karlsruhe, durchgeführt. Für die Anregung zu dieser Untersuchung und für sein stets förderndes Interesse bei der Durchführung der Arbeit bin ich dem Inhaber dieses Lehrstuhles, Herrn Prof. Dr. phil. HERMANN BACKHAUS, meinem hochverehrten Lehrer, zu größtem Dank verpflichtet.

Der Karlsruher Hochschulvereinigung danke ich für die Unterstützung der Arbeit, schließlich habe ich der HELMHOLTZgesellschaft zu danken, die dem genannten Lehrstuhl einen Oszillographen zur Verfügung gestellt hat.

(Eingegangen am 20. Oktober 1939.)

Der Fehler bei der Lichtbandbreitenmessung an Schallplatten

(Methode von Buchmann-Meyer)

Von Richard Bierl

(Mit 3 Textabbildungen)

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Bei der Beurteilung von Schallplattenschreibern bedient man sich schon längere Zeit zur Ausmessung des Frequenzbandes von mit gegebener Spannung am Schreiber geschnittenen Frequenzplatten gerne der von BUCHMANN und MEYER[1]) erstmals vorgeschlagenen Methode der Lichtbandbreitenmessung. Bekanntlich wird bei diesem Verfahren der Effekt ausgenutzt, daß es bei Beleuchtung einer mit einem Sinuston modulierten Schallrille mit parallelem Licht einen Extrempunkt gibt, wo das Licht in der Beleuchtungsrichtung reflektiert wird. Aus den Leuchtpunkten der stehend beleuchteten Platte entsteht dann bei deren Drehung das Lichtband, das durch den ebenerwähnten Extrempunkt begrenzt wird.

Die Entdecker des Effektes haben zu seiner Erklärung eine durchaus plausible und elegante Theorie entwickelt, die aber wegen ihrer Vernachlässigungen besonders in der letzten Zeit die Lichtbandbreitenmessung zum Gegenstand mancher Angriffe machte.

Um festzustellen, ob diese Vorwürfe berechtigt sind, hat sich der Verfasser die Aufgabe gestellt, die Theorie der Lichtbandbreite streng analytisch abzuleiten, mit dem Ziel, das Ergebnis in einer Form darzustellen, die die Formel von BUCHMANN und MEYER lediglich mit einem Korrekturfaktor behaftet enthält, dessen Größe bestimmt werden sollte. Aus der Abb. 1 ersieht man die Gleichungen für den „Sinuskreis" in Polarkoordinaten

$$(1)\qquad \begin{aligned} y &= R\,(1+\alpha\sin[\omega t+\varphi])\cos 2\pi u t \\ x &= R\,(1+\alpha\sin[\omega t+\varphi])\sin 2\pi u t \end{aligned}.$$

Hierin bedeuten:

R	den Radius des Sinuskreises,
αR	die geometrische Amplitude,
ω	die Kreisfrequenz,
$u = n/60$	die Plattenumdrehungszahl pro sec (beim Schnitt),
φ	eine Phasenverschiebung, die den Ablauf der Platte bei der Lichtbandbreiten-

[1]) J. BUCHMANN und E. MEYER, Elektr. Nachr.-Techn. 7 (1930), S. 147.

messung in die Rechnung einzuführen gestattet.

Die geforderte Reflektion tritt auf bei horizontaler Tangente (vgl. Abb. 1), wo $dy/dx = 0$:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dt} \cdot \frac{dt}{dx} = \frac{\alpha\omega\cos[\omega t+\varphi]\cos 2\pi u t - 2\pi u(1+\alpha\sin[\omega t+\varphi])\sin 2\pi u t}{\alpha\omega\cos[\omega t+\varphi]\sin 2\pi u t + 2\pi u(1+\alpha\sin[\omega t+\varphi])\cos 2\pi u t}.$$

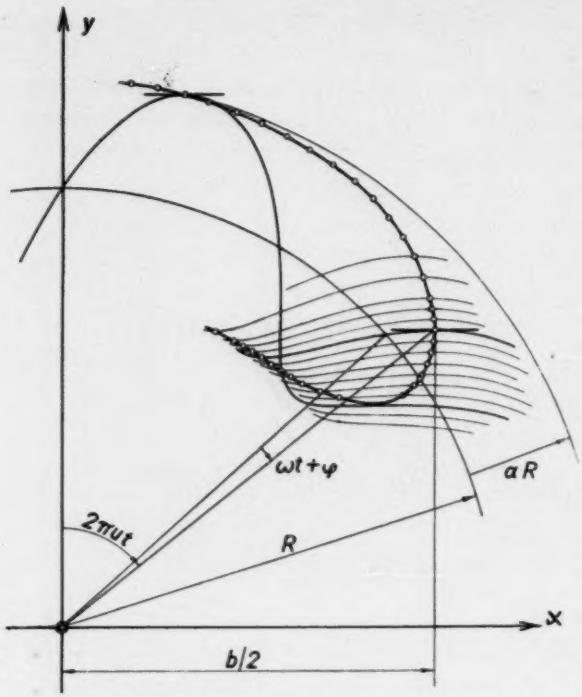


Abb. 1. Zur Entstehung der Lichtbandbreite

Die Bedingung ist erfüllt, wenn der Zähler null ist[2]):

$$\alpha\omega\cos[\omega t+\varphi]\cos 2\pi u t = 2\pi u(1+\alpha\sin[\omega t+\varphi])\sin 2\pi u t.$$

Hieraus:

$$(2) \qquad \frac{\alpha\omega}{2\pi u}\,\frac{\cos[\omega t+\varphi]}{1+\alpha\sin[\omega t+\varphi]} = \operatorname{tg} 2\pi u t \,.$$

Für die Lichtbandbreite gilt:

$$(3) \qquad x = \frac{b}{2} = R\,(1+\alpha\sin[\omega t+\varphi])\sin 2\pi u t \,.$$

Berücksichtigt man die Näherungen:

$2\pi u t \doteq 0$: $\sin 2\pi u t \doteq \operatorname{tg} 2\pi u t$

$\omega t + \varphi \doteq 0$: d. h. Reflektion in der Nähe des Nullpunkts der Sinuskurve

($\alpha \ll 1$),

dann erhält man die von Buchmann und Meyer angegebene Formel (aus (2) und (3)):

$$(4) \qquad \boxed{\frac{\alpha R f}{u} = \frac{b}{2}} \,.$$

Bei strenger Durchrechnung liefern die Gl. (2) und (3) die Beziehung:

$$\frac{2\alpha R f}{u}\sin 2\pi u t\cos[\omega t+\varphi] = b\,\frac{\sin 2\pi u t}{\cos 2\pi u t}.$$

Für die geforderte Korrektur der bisherigen Ableitung folgt:

$$(5) \qquad \boxed{\begin{aligned} \frac{\alpha R f}{u} &= \frac{b}{2}(1+\varkappa) \\ 1+\varkappa &= \frac{1}{\cos[\omega t+\varphi]\cos 2\pi u t} \end{aligned}} \,.$$

Wenn man über die Größe des Korrekturgliedes etwas aussagen will, muß man die Randbedingung ausnützen, daß die Lichtbandbreite durch den äußersten Reflektionspunkt gegeben ist, der durch die Drehung der Platte bei der Lichtbandbreitenmessung (Veränderung von φ) immer realisiert werden kann. Es muß darauf hingewiesen werden, daß diese Differenziation berechtigt ist, weil der Reflektionspunkt bei Änderung von φ vom einen Ende der Lichtbandbreite zum anderen stetig wandert.

$$\frac{db}{d\varphi} = -\frac{2\alpha R f}{u}\left(\left[\omega\frac{dt}{d\varphi}+1\right]\sin[\omega t+\varphi]\cos 2\pi u t + 2\pi u\frac{dt}{d\varphi}\cos[\omega t+\varphi]\sin 2\pi u t\right),$$

$$\frac{db}{d\varphi} = 0;$$

$$(6) \qquad \boxed{\operatorname{tg}[\omega t+\varphi] = -\frac{2\pi u \operatorname{tg} 2\pi u t}{\omega + \dfrac{d\varphi}{dt}}} \,.$$

Wie man sieht, liefert die analytische Differenziation ein Ergebnis, das zum mindesten eine große Rechenarbeit wegen der vielen Parameter (Frequenzamplitude A, Radius R, Kreisfrequenz ω, Umdrehungszahl u) erfordert. Es wurde deshalb versucht, das Maximum der Lichtbandbreite auf graphischem Wege zu finden. Zu diesem Zweck kann man aus Gl. (2) das Argument ($2\pi u t$) als Funktion von ($\omega t + \varphi$) berechnen und den sich dann ergebenden Korrekturfaktor als Funktion von ($\omega t + \varphi$) graphisch darstellen. Das wurde durchgeführt (Abb. 2) für das Extrembeispiel der Abb. 1. Als maximale Entfernung des Reflektionspunktes von dem dazu senkrechten Durchmesser erhält

[2]) Es kann leicht nachgewiesen werden, daß immer dann, wenn der Zähler null ist, der Nenner nicht null ist.

man aus Abb. 2: 17 cm, aus Abb. 1: 17,2 cm; nach der Formel von BUCHMANN und MEYER — die jedoch nur für kleine Lichtbandbreiten angegeben wurde — wäre die halbe Lichtbandbreite 27 cm. Die Übereinstimmung der berechneten mit der beobachteten Größe dürfte im Rahmen der Zeichengenauigkeit hinreichend sein.

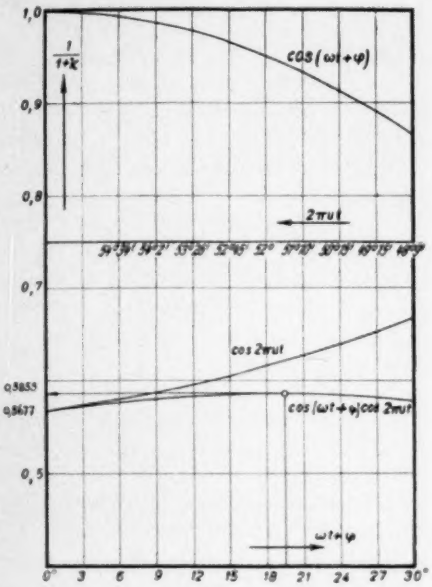


Abb. 2. Graphische Differenziation des Korrekturfaktors für den Extremfall der Abb. 1

Zusammenfassung

Eine exakte Durchrechnung der Theorie der Lichtbandbreite an Schallplatten ergibt, daß

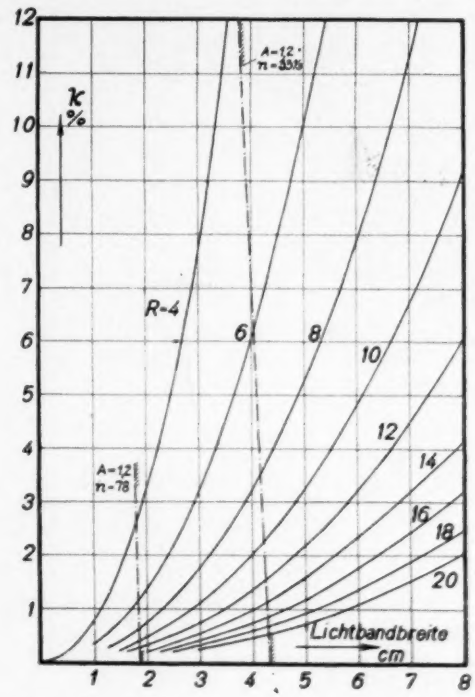


Abb. 3. Die Größe der Korrektur der beobachteten Lichtbandbreite in praktischen Fällen

In allen praktischen Fällen, die innerhalb des Extremfalles: Radius 4 cm, Umdrehungszahl $u = 1/1{,}8$ sec, Frequenz $f = 25$ Hz, Frequenzamplitude $A = 1{,}2$ cm/sec, liegen, ist der durch den Faktor $1/\cos(\omega t + \varphi)$ bedingte Fehler, wie durch Rechnung ebenfalls bestimmt wurde, sicher unter $1^0/_{00}$. Der Teilfehler, der durch das Glied $\cos 2\pi u t$ gegeben ist, ist in Abb. 3 als Funktion der abgelesenen Lichtbandbreite mit dem Rillenradius R als Parameter aufgetragen. Wie man dort sieht, bewegt sich dieser Fehler bei entsprechenden, leicht einzuhaltenden Versuchsbedingungen in durchaus tragbaren Grenzen (unter 10%).

der Fehler bei der von BUCHMANN und MEYER angegebenen Näherungsformel sich als Korrekturglied mit zwei Teilfehlern darstellen läßt.

Der eine der beiden Teilfehler entsteht dadurch, daß der äußerste Reflektionspunkt nicht an der Stelle größter Steilheit auftritt und ist im ungünstigsten Falle sicher unter $1^0/_{00}$. Der andere Teilfehler, der sich nur bei kleinen Radien bemerkbar macht, ist, wie in dem gegebenen Schaubild gezeigt ist, bei 78-Tourenplatten und 4 cm Radius sicher unter 3%, bei $33^1/_3$ Tourenplatten und 6 cm Radius unter 6%.

Die Lichtbandbreite ist somit immer ein zuverlässiges Maß für die geschnittene Steilheit.

(Eingegangen am 14. November 1939.)

PATENTSCHAU

Bearbeitet von Heinrich Köster

150.

Deutsches Patent Nr. 687788, patentiert ab 17. 7. 1932, ausgegeben am 6. 2. 1940

Georg Neumann in Berlin-Grunewald

Kondensatormikrophon

Das Patent schützt das in Abb. 1 dargestellte Kondensatormikrophon, bei dem das Luftpolster hinter der Membran durch einige dünne Bohrungen (7') mit dem Hohlraum (10) verbunden ist. Hierdurch wird eine geringere Dämpfung für tiefe Frequenzen und damit auch ein Anstieg der Empfindlichkeit für diese Frequenzen erzielt, der zum Ausgleich eines Abfalls des Verstärkers verwendet werden kann.

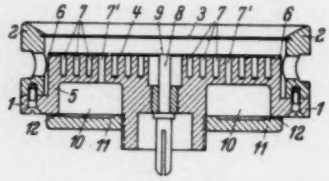


Abb. 1. Kondensatormikrophon

151.

Deutsches Patent Nr. 688012, patentiert ab 7. 2. 1937, ausgegeben am 10. 2. 1940

Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H. in Berlin

Schaltungsanordnung zur Erzielung einer Regelspannung bestimmter Charakteristik für die Zwecke der selbsttätigen Dynamikregelung bei vorwärts geregelten Verstärkern

Das Patent schützt die Benutzung einer Raumladegitterröhre als stromabhängigen Widerstand für den im Titel angegebenen Zweck.

152.

Deutsches Patent Nr. 688480, patentiert ab 12. 3. 1937, ausgegeben am 21. 2. 1940

Dr. Ing. Karl Otto Schmidt in Berlin-Schöneberg

Verfahren zur Verminderung des Nadelgeräusches bei der Aufnahme und Wiedergabe von Schallaufzeichnungen

Zur Verminderung des Nadelgeräusches soll bei der Aufnahme einer Schallplatte ein Dauerton, der an der oberen Übertragungsgrenze etwa bei 5000 Hz liegt, mit aufgezeichnet werden. Bei der Wiedergabe soll dieser Ton unterdrückt werden.

153.

Deutsches Patent Nr. 688498, patentiert am 11. 11. 1934, ausgegeben am 22. 2. 1940

Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H., Berlin, Hans Bartels

Schaltungsanordnung zur selbsttätigen frequenzabhängigen Regelung des Übertragungsmaßes in Verstärkeranlagen

Bei einer Dynamikregelung, wie sie z. B. für die Aufnahme von Schallplatten, die nicht den Dynamikbereich der Originalmusik aufnehmen können, notwendig ist, muß diese Dynamikregelung frequenzabhängig sein. Dies kann durch folgendes Beispiel gezeigt werden: Erhöht man bei der Einengung der Dynamik im gesamten Frequenzbereich den Pegel der kleinen Lautstärken um 20 db, so bedeutet das, für den 1000 Hz Ton eine Lautstärkensteigerung um 20 phon, dagegen für einen 50 Hz-Ton wegen des geringeren Abstandes der Kurven gleicher Lautstärke bereits einen Lautstärkenzuwachs von 40 bis 50 phon. Um das Klangbild nicht zu verfälschen, müssen also die tiefen Frequenzen beim Einsatz der Regelung geschwächt werden. Ebenso führt eine Regelung, die die großen Lautstärken schwächt, zu einer Benachteiligung der tiefen Frequenzen. Für eine derartige Regelung kann beispielsweise die in Abb. 2 dargestellte Schaltung benutzt werden.

Von der Tonfrequenz (~) wird ein Teil hinter dem Transformator (Tr) gleichgerichtet (H_{Gl}). Die gewonnene Gleichspannung dient als Vorspannung für den in der Hauptübertragungsleitung liegenden Gleichrichter (Gl.). Der Gleichrichter wird durch diese Vorspannung so beeinflußt, daß sein Widerstand bei kleinen Amplituden groß und bei großen

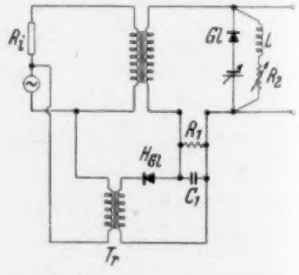


Abb. 2. Schaltung zur frequenzabhängigen Dynamikregelung

Amplituden klein ist. Parallel zu dem Gleichrichter (Gl) liegt eine Induktivität L uud ein Widerstand R_2. Wird der Widerstand des Gleichrichters groß, so ist auch der Verstärkungsgrad groß, jedoch fällt der Verstärker wegen der parallel geschalteten Induktivität L bei tiefen Frequenzen ab. Ist der Widerstand des Gleichrichters klein gegenüber dem Scheinwiderstand L, so ist der Verstärkungsgrad klein, es tritt aber auch keine Schwächung der tiefen Frequenzen ein.

154.

Deutsches Patent Nr. 689564, patentiert ab 12.9.1936, ausgegeben am 27. 3. 1940

Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H. in Berlin, Dr. H. Etzold

Anlage zur naturgetreuen Wiedergabe von Sprache und Musik

Zur Verbesserung von Lautsprecherkombinationen, bei denen den einzelnen Lautsprechern verschiedene Frequenzgebiete zugeordnet sind, wird folgender Weg vorgeschlagen: Die Lautsprecher werden einzeln in getrennten kleineren Räumen untergebracht, die in der Hauptabstrahlungsrichtung offen sind. Diese Räume werden auf das Frequenzgebiet des jeweiligen Lautsprechers abgestimmt. Auf die hierdurch neu entstehenden störenden Einschwingvorgänge wird im Patent nicht eingegangen.

155.

Deutsches Patent Nr. 690199, patentiert ab 13.9.1935, ausgegeben am 18. 4. 1940

Siemens Apparate und Maschinen G.m.b.H. in Berlin, Dr. C. A. Hartmann

Normalschallquelle für die Erzeugung eines bestimmten Frequenzspektrums von gleichbleibender Lautstärke zum Prüfen und Eichen akustischer Geräte

Das Patent beschreibt die in Abb. 3 dargestellte Normalschallquelle. Aus dem Vorratsraum 1 fallen Stahlkugeln gegen das Prisma 6 und werden von dort gegen die Membran 5 geworfen. Da die Beschleunigung der Kugeln lediglich durch die Schwerkraft erfolgt, wird der Membran 5 jedesmal ein gleicher Impuls mitgeteilt.

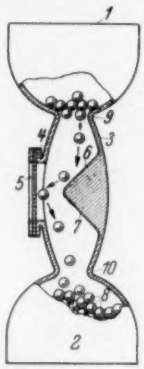


Abb. 3. Normalschallquelle

156.

Deutsches Patent Nr. 690437, patentiert ab 18.2.1936, ausgegeben am 25. 4. 1940

Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H. in Berlin

Lautsprecheranordnung zur Unterdrückung hörbaren Schalles in einem bestimmten Raumteil

Setzt man zwei Lautsprecher, wie in Abb. 4 dargestellt, auf einen Mast, und läßt beide gegenphasig arbeiten, so wird in der Ebene 5 praktisch der gesamte Schall durch Interferenz ausgelöscht. Man kann so die Abstrahlung tiefer Frequenzen, die nicht mehr gerichtet werden können, in einer bestimmten Ebene vermeiden. Diese Anordnung wurde, wie bekannt, im Olympia-Stadion benutzt.

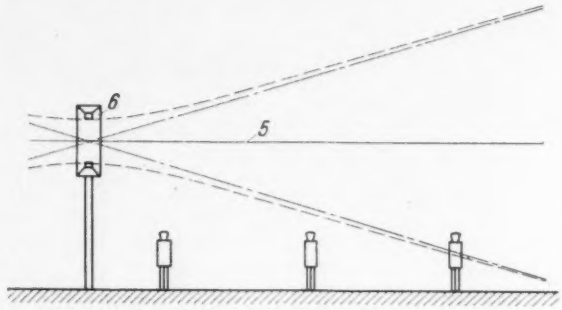


Abb. 4. Lautsprechanordnung mit toter Zone

157.

Deutsches Patent Nr. 690520, patentiert ab 3. 7. 1932, ausgegeben am 27. 4. 1940

Siemens & Halske AG. in Berlin-Siemensstadt, Dr. J. Sandhas

Verfahren zum elektrischen Aufzeichnen von Sprachlauten

Das Patent schützt die Benutzung einer nach tiefen Frequenzen gleichmäßig abfallenden Frequenzkurve für Diktiermaschinen und ähnliche Geräte. Die Frequenzbeschneidung erfolgt hierbei im Aufnahmegerät und wird im Wiedergabegerät nicht mehr ausgeglichen.

158.

Deutsches Patent Nr. 690538, patentiert ab 8. 1. 1937, ausgegeben am 27. 4. 1940

Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H. in Berlin, W. Maaß

Lackierte Membranen

Durch einseitige Lackierung einer Konusmembran für Lautsprecher entstehen infolge der Schrumpfung des Lackes starke Spannungen. Hierdurch soll insbesondere das Entstehen von Untertönen vermieden werden.

SCHRIFTTUM

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder vom Verlag angezeigten Bücher sind in allen deutschen Buchhandlungen zu erhalten

FRITZ WEINIG, **Aerodynamik der Luftschraube.** Julius Springer. Berlin 1940. 484 Seiten. Preis 48,00 RM.

Der Hinweis auf dies ausgezeichnete Buch über die Luftschraube ist in einer akustischen Zeitschrift durchaus am Platze, weil die Luftschraube schon mehrfach als akustisches Problem zur Diskussion stand. Wohl bei keiner anderen Schallquelle hat man eine so starke Verflechtung von strömungstechnischen und akustischen Erscheinungen wie bei der Luftschraube. Die erfolgreiche Bearbeitung des Problems der Lärmminderung bei der Luftschraube verlangt vom Akustiker ein gründliches Verständnis der aerodynamischen Vorgänge. Zur Erwerbung dieser Kenntnisse ist das Buch wie geschaffen, besonders wenn man berücksichtigt, daß es derartige Zusammenfassungen bisher nicht gab und der betreffende entweder auf die grundsätzlichen Bücher über Aerodynamik oder auf viele verstreute Einzeldarstellungen über die Luftschraube angewiesen war. Weiterhin kommt dem geschilderten Zweck besonders die vorwiegend theoretische Einstellung WEINIGS entgegen, wodurch die Darstellung von ausgezeichneter Methodik und Klarheit ist. Man findet also in dem Buch nicht so sehr praktische Angaben für den Luftschraubenkonstrukteur, sondern mit deutscher Gründlichkeit alles das dargestellt, was für das wirkliche Verständnis der Grundlagen nötig ist.

Das Buch gliedert sich in folgende Abschnitte: I. Allgemeines von der Luftschraube, II. Untersuchungen am Schraubenelement, III. Das Verhalten der Gesamtschraube, IV. Zusammenwirken von Luftschraube und Flugzeug.

Der I. Abschnitt macht in übersichtlichem Aufbau mit den geometrischen und aerodynamischen Grundgrößen der Luftschraube bekannt, ohne deren genaue Kenntnis man sich so schwer in einem anderen Fachgebiet zurechtfindet. Ferner werden die Grundlagen des Modellversuches, die Bedeutung des REYNOLDSschen und des MACHschen Kennwertes dargestellt. Ganz besonders wird den Akustiker der Abschnitt II interessieren, in dem die Strömungsvorgänge und ihre Abhängigkeit von den verschiedenen Kenngrößen am Luftschraubenelement, d. h. einem zwischen den Radien R und $R + dR$ gelegenen Stückchen der Luftschraube, erläutert wird. Von hier ausgehend erhält man unter Berücksichtigung der Phasenbeziehungen zwischen den einzelnen Luftschraubenelementen und durch Integration über die Schraubenkreisfläche die Strahlereigenschaften der Luftschraube und ihre Abhängigkeit von den Kenngrößen. Die übrigen Abschnitte des Buches befassen sich mit Fragen der günstigsten Ausführung der Luftschraube und auf das Zusammenwirken mit dem Flugzeug. Sie sind für den Akustiker nicht von so unmittelbarem Interesse, wie die vorhergehenden Abschnitte.

Möge das Buch demjenigen, der es befragt, eine befriedigende Antwort geben und nicht nur der Fachwelt, sondern auch den angrenzenden Gebieten von Nutzen sein.

WILLMS

PETER C. GOLDMARK und PAUL S. HENDRICKS, **Synthetic Reverberation.** J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), S. 635.

Es wird ein elektrooptisches Verfahren beschrieben zur synthetischen Erzeugung von Nachhall, das z. B. in der Tonfilmtechnik, beim Rundfunk oder bei der Schallaufzeichnung für die Lösung raumakustischer Probleme von Bedeutung ist und zu einer Vereinfachung der Aufnahmetechnik verwendet werden kann.

Die Erscheinung des Nachhalls beruht bekanntlich auf dem Andauern eines Schallimpulses auf Grund wiederholter Reflexionen, wobei die Echos mit exponentiell abfallender Amplitude in großer Zahl (mehr als 40) und so schnell aufeinander folgen, daß die einzelnen Impulse nicht mehr unterschieden werden. Die Wiedergabe eines Schallvorganges ohne den zugehörigen Nachhall wirkt unnatürlich. Es wird deshalb die Verwendbarkeit eines gedämpften Aufnahmeraumes, der meist vorhanden ist, sehr vergrößert, wenn man den Nachhall in einfacher Weise synthetisch erzeugen kann, ohne die Güte des Originalschalles zu verschlechtern.

Das entwickelte Verfahren zur Erzeugung von Nachhall benutzt die Erfahrung, daß der Abklingvorgang einer phosphoreszierenden Substanz nach einer Lichteinwirkung nahezu exponentiell ist, also dem Verklingen eines Schalles mit Nachhall entspricht. Der Originalschall wird mittels einer modulierten Lichtquelle und einer geeigneten Optik auf dem mit phosphoreszierendem Material verkleideten Rand einer rotierenden Scheibe aufgezeichnet. Diese exponentiell verklingende Lichtaufzeichnung wird bei den aufeinander folgenden Umdrehungen der Scheibe von einer oder mehreren Photozellen, die auf dem Umfang verteilt sind, wieder in elektrischen Strom umgewandelt. Die Summe dieser rasch aufeinander folgenden Stromimpulse wird mit dem Originalschall in bestimmter Weise elektrisch gemischt und ergibt bei geeigneter Wahl der Größe

und Umlaufgeschwindigkeit der Scheibe, der Zahl und Anordnung der Photozellen, sowie der richtigen Abklingcharakteristik des phosphoreszierenden Materials den gewünschten Nachhalleffekt. Die Aufzeichnung des Schalles kann dabei fortlaufend geschehen, da sich die nach einer Umdrehung noch nicht abgeklungenen Lichtintensitäten mit den neuen Aufzeichnungen überlagern.

Es werden die wichtigsten technischen Einzelheiten angegeben, mit denen eine befriedigende Lösung erreicht wurde. Als Lichtquelle wurde eine Hochdruck-Quecksilberdampflampe mit einem Lichtbogen von 20 mm Länge und 1,6 mm ⌀ verwendet. Die Hg-Lampe wurde mit Gleichstrom, der im Rhythmus des Schalles moduliert wurde, betrieben und zur Erzielung gleichbleibender Betriebsbedingungen mit einem automatisch regulierten Luftstrom auf konstanter Temperatur gehalten. Als phosphoreszierende Substanz bewährte sich gelb-orange leuchtendes Material mit einer Abklingzeit von mehreren Sekunden. Dieses Material wurde zusammen mit einer Lacklösung auf den Rand der Scheibe aufgespritzt. Die Scheibe hatte einen ⌀ von 60 cm und eine Umlaufgeschwindigkeit von etwa 300 Umdr./Min. Die Spalte unmittelbar vor der phosphoreszierenden Schicht waren etwa 0,5 mm breit. Zur Umwandlung der Lichtaufzeichnung wurden zwei gasgefüllte Photozellen benutzt.

Mit der Apparatur kann eine maximale Nachhallzeit von etwa 2,5 sec erreicht werden. Der Gesamtfrequenzgang ist mittels eines Entzerrers von 50 bis 5000 Hz auf $\pm$ 3 db ausgeglichen. Das Verhältnis zwischen Nutzspannung bei voller Modulation und Rauschspannung ist im ungünstigsten Fall 45 db.

Die Apparatur wurde bisher für Rundfunkzwecke verwendet.

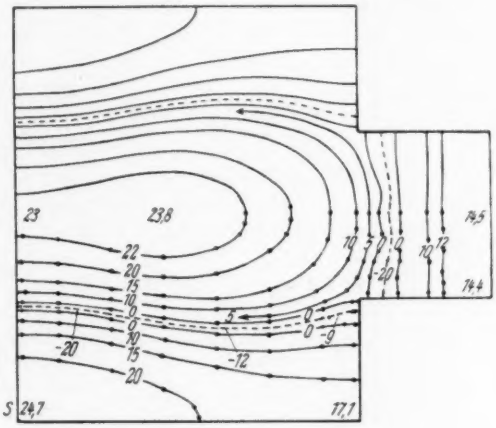
LIPPERT

RICHARD H. BOLT, **Normal Modes of Vibration in Room Acoustics: Experimental Investigations in Nonrectangular Enclosures.** J. Acous. Soc. Am. 10 (1939), S. 184.

Die Schwierigkeiten, welche bei Messungen in kleinen rechteckigen Nachhallräumen bei tiefen Frequenzen infolge der Anregung von Eigentönen auftreten, haben vielfach die Vorstellung ausgelöst, daß man durch Verwendung schiefwinkliger Räume dieser Schwierigkeit aus dem Wege gehen kann.

In der vorliegenden Arbeit zeigt der Verfasser durch experimentelle Untersuchungen an kleinen Modellräumen, daß auch schiefwinklige Räume Eigentöne von gleicher Zahl und Prägnanz aufweisen, indem er jedesmal das Interferenzfeld punktweise abtastet. Der Versuchsaufbau ist folgender: Auf einer großen ebenen Tischplatte, aus welcher an einer Stelle das Zuführungsrohr zu einem Mikrophon herausragt, können die Modellräume, welche infolge ihrer geringen Höhe einen zweidimensionalen Charakter annehmen, hin- und hergeschoben werden. Die Decke des Modellraumes trägt als Schallsender ein mit reinen Tönen gespeistes Kristall-Telefon. Mit dem Raum verbunden ist ein Zeichenblatt, welches gemeinsam mit dem Raum unter einem feststehenden Zeichenstift hin- und hergeschoben werden kann. Auf diese Weise lassen sich die Linien gleichen Schalldruckes aufzeichnen.

Untersucht wurden ein parallelogrammförmiger Raum mit einem spitzen Winkel von $84^1/_2{}^0$, ein trapezförmiger Raum mit etwa gleichem spitzen Winkel, und ein System von 2 angekoppelten rechteckigen Räumen (Rechteckraum mit „Alkoven"). Die untenstehende Abbildung zeigt ein Abtastungs-



beispiel für den letztgenannten. Der Eigenton ist hierbei durch die Angabe (0,2) gekennzeichnet. Das soll heißen, daß die Frequenzlage und die Knotenlinienbildung etwa derjenigen eines ähnlichen rechteckigen Raumes entspricht, welche in der einen Richtung keine, in der anderen 2 Knotenlinien aufweist. Wie aber die Abbildung zeigt, bildet sich außer der Unterteilung des Hauptraumes im Alkoven ein quergerichtetes Interferenzfeld aus, wie es etwa der Auffassung dieses angekoppelten Raumes als einer einseitig starr abgeschlossenen, und auf der anderen Seite offenen Pfeife entspricht. Da die zur vorhandenen Frequenz gehörige Viertel-Wellenlänge kürzer als die Raumtiefe ist, erscheint die Knotenlinie in den Alkoven hineingezogen.

Die Lage der Eigenfrequenzen läßt sich in erster Annäherung mit denjenigen eines Rechteckraumes von gleichen mittleren Abmessungen vergleichen. Dies gilt insbesondere auch für die mittlere Frequenzverteilung, welche der Verfasser in einer früheren Arbeit (J. Acous. Soc. Am 10 (1939), S. 228) für den rechteckigen Raum behandelt hat. Die dort für

den Rechteckraum abgeleiteten Formeln werden hier dem zweidimensionalen Fall entsprechend abgeändert.

In bezug auf das eingangs angeschnittene Problem kommt der Verfasser auf Grund seiner Modellbeobachtungen zu folgenden Feststellungen: Schiefwinklige oder mit Ansätzen versehene Räume weisen genau soviel und genau so ausgeprägte Eigentöne auf, wie der einer einfachen Berechnung zugängliche Rechteckraum. Es sind in ihnen somit bei tiefen Frequenzen die gleichen Schwierigkeiten zu erwarten. Die Eignung eines Raumes für Nachhallversuche wird bei tiefen Frequenzen grundsätzlich durch seine Größe begrenzt. Bei höheren Frequenzen kann sich dagegen die Schiefwinkligkeit sehr wohl günstig auswirken, indem die Eigentöne nicht mehr gruppenweise harmonisch zueinander liegen, so daß die Überlagerung der einzelnen Interferenznetze mehr den statistischen Anforderungen genügt. Außerdem wird die bei parallelen Wänden auftretende Gefahr des Flatterechos vermieden, indem die Dämpfung der Eigentöne stets durch die Dämpfungseigenschaften aller Wände beeinflußt wird.

L. Cremer

Akustisches Schrifttum

Bearbeitet von K. Patermann

Nachtrag aus dem Jahre 1938

Sound field investigation by means of isochromats. E. Hiedemann & K. Osterhammel. Ind. Acad. Sci., Proc. **8** A (1938), S. 275—280.

Nuove contributo alla conoscenza della struttura delle vocali. Fr. Agostino Gemelli. Comm. Pontif. Acad. Vaticana **1** (1937), Nr. 1, S. 1—43.

The propagation of vibrations in a binary system water vapour. I. H. Viglin. J. techn. Physics (russ.) **8** (1938), Nr. 3, S. 275—285.

Sound velocity in heavy water and compressibility. K. Yosioka. Sci. Pap. Inst. phys. chem. Res. Tokio **34** (1938), Nr. 806/814, S. 643—835.

Hören in der Stille. E. Waetzmann. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen (N. F.) (2) **3** (1938), Nr. 1, S. 1—30.

On the excitation of Chladni figures. L. Sibaiya. Indian J. Physics **12** (1938), Nr. 6, S. 407—408.

Perception of subjective tones. J. F. Schouten. K. Akad. Amsterdam, Proc. **41** (1938), S. 1086—1093.

On a method of obtaining frequency characteristics. A. Rimskij-Korsakov & N. Shumova. J. techn. Physics (russ.) **8** (1938), Nr. 16, S. 1478—1485.

On the question of „inversion" of sound waves of finite amplitude. L. Mjasnikov. Techn. Physic USSR **5** (1938), Nr. 12, S. 932—943.

Direct observation of Rayleigh waves in case of total reflexion. S. J. Kretschmer & S. N. Rschevkin. C. R., Moskau (N. S.) **20** (1938), Nr. 1, S. 17—20.

On a method of measuring the coefficient of sound relaxation. V. Kelberg. J. techn. Physics (russ.) **8** (1938), Nr. 16, S. 1486—1490.

Die Stoßanregung intramolekularer Schwingungen in Gasen und Gasgemischen. V. Schalldispersionsmessungen an CO_2, CO_2—He, CO_2—H 2 und N_2O—He zwischen 20° und 400° C. Z. phys. Chem. (B) **41** (1938), Nr. 3, S. 199—214.

Determining natural modes of vibration of structures H. C. Hayes & E. Klem. Engineer **166** (1938), S. 682 bis 683.

Vibrations on power lines in a steady wind. V. Resonance of strings with strengthened ends. VI. Forced vibrations of uniform strings and of strings with strengthened end under the action of uniform periodic forces. R. Ruedy. Canad. J. Res. (A) **16** (1938), Nr. 12, S. 215—225, **17** (1939), Nr. 1, S. 1—13.

Saalakustik und Schallschluckung. R. Vermeulen. Philips techn. Rdsch. **3** (1938), Nr. 12, S. 368—376.

Die Aufnahme von Klang- und Vokalkurven mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. W. Möller. Die Elektronen **1** (1938), Nr. 10, S. 1—4, Nr. 11, S. 1—5.

Distortion testing equipment for telephone repeaters. S. Janson & S. Kruse. Ericsson-Rev. (1938), Nr. 2, S. 70—74.

The acoustic resistance of a piston diaphragm. A. Kharkevich. J. techn. Physics (russ.) **8** (1938), Nr. 16, S. 1468—1477.

Transitional resistances of certain infinite reproducer horns. A. Kharkevich. J. techn. Physics (russ.) **8** (1938), Nr. 20, S. 1839—1849.

Technical data on new RCA sound systems. Int. Projectionist **13** (1938), Nr. 12, S. 20/21.

Technique of sound recording. T. S. Lyondon-Haynes. Photogr. J. **78** (1938), S. 727—730.

The physiology of the baritone voice. R. Curry. Radiologica **2** (1938), Nr. 5/6, S. 211—216.

Vowel quality before and after an operation for an accluded nasal passage. J. W. Black. Speech Monographs Dez. 1938.

Dynamics of the pianoforte string and the hammer. II. Elastic hammer. M. Ghosh. Indian J. Physics **12**. Part VI, S. 437—453.

Ultraschall. L. Allegretti. N. Cim. **15** (1938), S. 397 bis 415.

Supersonic velocity in gases. I. S. K. K. Jatkar. Indian Inst. Sci., J. **21** A (1938), S. 245—271, 455—465, 477—487; **22**, S. 1—17, 19—37, 39—58, 59—78, 93 bis 110.

Ultraschall in der Chemie. G. Schmid. Z. Elektrochem. **44** (1938), Nr. 10, S. 728—742.

The application of short focus optics to the study of ultrasonic fields in liquids. J. Sokolov. J. techn. Physics **8** (1938), Nr. 10, S. 898—900.

Supersonic waves in colloid chemistry. K. Sollner. J. phys. Chem. **42** (1938), S. 1071—1078.

Über Versuche zum Nachweis einer Ultraschalldispersion in Flüssigkeiten. R. Bär. Verh. d. Schweiz. Naturf. Ges. 119. Jahresvers. Chur 1938. S. 116—117.

The diffraction of light by supersonic waves. N. S. Nagendra Nath. Proc. Indian Acad. Sci. (A) **8** (1938), Nr. 5, S. 499—503.

The absorption of ultrasound waves in fluids. P. Bazhulin. J. exp. theoret. Phys. (russ.) **8** (1938), Nr. 4, S. 457—470.

Bestimmung der Wahrscheinlichkeit der Übertragung von Schwingungsenergie beim Zusammenstoß des CO^2-Moleküls mit den Beimengungen nach der Methode des Ultraschalls. J. M. Metter. Acta physicochim. USSR. **9** (1938), Nr. 6, S. 845—860.

Absorption of sound in strong electrolytes. M. Leontovich. J. exp. theoret. Phys. (russ.) **8** (1938), S. 40—51.

Propagation of sound in disperse systems. S. M. Ryton. J. exp. theoret. Phys. (russ.) **8** (1938), S. 614—621.

Effect of ultrasonic waves on the discharge potential of hydrogen. R. Piontelli. Atti delle Reale Acad. Naz. dei Lincei. Pendiconti, Classe d'Scienze, Fische, Math e Narutali **27** (1938), S. 1—75.

Anwendung eines Druckwechselfeldes in der Naßaufbereitung. H. Krainer. Metall u. Erz **35** (1938), S. 471 bis 474.

Nachtrag von Büchern aus dem Jahre 1938

Admiralty. Handbook of echo sounding year. Types 752, 753, 754 and 756. 44 S. London 1938.

Beach, D. M. The phonetics of the Hottentot language. Published with the assistance of a grant made by the Carnegie Corporation through the Research Grant Board, Union of South Africa. 329 S. Cambridge: W. Heffer & Sons. Ltd. 1938. 21 s.

Bergmann, L., translated by H. Strafford Hatfield. Ultrasonics and their scientific and technical applications. London: G. Bell & Sons, Ltd.

Bradbury, C. H. Torsional vibration in Diesel engines. 117 S. London: Charles Griffin and Co., Ltd., 1938. 7s 6 d.

Kuhn, Effie G. Pronunciation of vowel sounds. 86 S. Columbia University. New York 1938. 1,60 Dollar.

Rey, Alovs. Théoriques mécaniques: hydrodynamique, acoustique, exposés publiés sous la direction de Y. Rocard. 10: Etudes sur l'écoute des sources sonores éloignées. (Actualités scientifiques et industrielles, 709). 86 S. Paris: Hermann et Cie. 1938. 29 fr.

Schliche, Heinz. Über die Synchronisierung selbsterregter Röhrensender unter besonderer Berücksichtigung der Frequenzteilung. Dissertation Dresden 1938. 28 S.

Vierling, Oskar. Eine neue elektrische Orgel. Berlin 1937 (1938). Habil.-Schrift. 27 S.

The Carlsberg Foundation's oceanographical expedition round the world 1928—30 and previous „Dana"-Expeditions. Dana Report Nr. 14: Sv. Greve: Echo soundings. An analysis of the results. 25 S. 6,50 Kr. oder 3 sh. C. A. Reitzels Forlag 1938.

Bücher des Jahres 1939

Bausch, W. Schalldämmungsmessungen. Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur, Reihe II, Heft 20. 33 S. 44 Abb. München: R. Oldenbourg 1939. 6.40 RM.

Bergmann, L. Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik. 2. Aufl. 358 S. 225 Abb. Berlin: VDI-Verlag 1939. 25,— RM.

Bergtold, Fritz. Schall und Klang. Leitfaden der Elektroakustik für Architekten, Elektrotechniker und Studierende. 172 S. 214 Abb. München u. Berlin: R. Oldenbourg 1939. 9,60 RM.

Crescini, Corrado. Trattato di elettroacustica, teorica ed applicata. 396 S. 312 Abb. Mailand: U. Hoepli. 60 Lire.

David, René. Die Abhängigkeit der dielektrischen Eigenschaften des Seignettesalz-Kristalles von mechanischen Beanspruchungen. Dissertation. 54 S.

Engl, Josef. Raum- und Bauakustik. Ein Leitfaden für Architekten und Ingenieure. 371 S. 255 Abb. Leipzig: Akadem. Verlagsges. 1939. 32,—/34,— RM.

Feldtkeller, R. Einführung in die Siebschaltungstheorie der elektrischen Nachrichtentechnik. 174 S. 130 Abb. Leipzig: S. Hirzel 1939. 12,— RM. (Physik und Technik der Gegenwart. Abt. Fernm.-Techn. Bd. IV.)

Frerk, Fr. Willy. Selbstaufnahme von Schallplatten. 3. Aufl. von A. Cl. Hofmann. Berlin 1939. 164 S.

Gey, Karl und Horst Teichmann. Einführung in die Lehre vom Schuß. (Ballistik.) 3. Aufl. 128 S. 69 Abb. Leipzig: B. G. Teubner 1939. 3,60 RM.

Günther, H. Aufschaukelung der Schwingungen von mehrgliedrigen Schwingungsanordnungen und Dämpfung durch aufgesetzte Resonanzschwingungsdämpfer. — O. Föppl: In Resonanz erregte Schwebungen bei Schwingungsanordnungen, die mit einem Resonanz-Schwingungsdämpfer ausgerüstet sind. 1939. 67 S. 4,50 RM.

Hahn, Hans-Joachim. Der Tonfilm. Grundlagen und Praxis seiner Aufnahme, Bearbeitung und Vorführung. 3. Aufl. Berlin: Lichtbildbühne 1939. 391 S. 7,50 RM.

Hecht, Heinrich. Schaltschemata und Differentialgleichungen elektrischer und mechanischer Schwingungsgebilde. 125 S. 51 Abb. Leipzig: J. A. Barth. 1939. 9,60/11,40 RM.

Hiedemann, Egon. Grundlagen und Ergebnisse der Ultraschallforschung. 287 S. 232 Abb. Berlin: W. de Gruyter 1939. 24,— RM.

Horn, W u. K. Ketterer. Lebendige Sprache. Experimentalphonetische Untersuchungen. Berlin: W. de Gruyter & Co. 1938/39. 7 Hefte zu je 8,— RM.

Innamorati, Libero e Paolo Uccello. La registrazione del suono. Precede: Cenni sull'estetica del sonoro di Luigi Chiarini. Roma: Ediz. di Bianco & Naro 1939. 329 S. 123 Abb. 40 Lire.

Jost, Wilhelm. Explosions- und Verbrennungsvorgänge in Gasen. 608 S. 277 Abb. Berlin: J. Springer 1939. 46,50/49,50 RM.

Meyer, Erwin. Electro-acoustics. With an introduction by Prof. C. L. Fortescue. 117 S. London: C. Bell & Sons 1939. 10 s.

MICHEL, EUGEN. Raumakustisches Merkblatt. 6. Aufl. 28 S. Verlag Curt R. Vincentz, Hannover 1939. 1.80 RM.

OLSON, HARRY F. & FRANK MASSA. Applied acoustics. 2nd ed. Philadelphia: P. Blakiston's Son & Comp. Inc., 1939. 494 S. 5,50 Dollar.

PRANDTL, L. Über Schallausbreitung bei rasch bewegten Körpern. 14 S. R. Oldenbourg, München 1939. 0,90 RM.

REMMERT, J. Wärme-, Schall- und Erschütterungsschutz im Bauwesen. 30 S. Bonness & Hachfeld, Potsdam 1939. 0,90 RM.

SCHMIDT, A. W. Untersuchung der Klopfgeräusche von Ottomotoren mit elektroakustischen Meßgeräten. 15 S. VDI Verlag, Berlin 1939. 1,70 RM.

SPRINGER, R. Radiotechnique. Les principes acoustiques et électriques et leurs applications. Übersetzung des Werkes von M. v. Ardenne und Mitarbeiter. Paris: Dunod 1939. 407 S.

STENZEL, HEINRICH. Leitfaden zur Berechnung von Schallvorgängen. 124 S. 106 Abb. Berlin: J. Springer 1939. 12,60 RM.

TIMOSHENKO, S. Théorie des vibrations. Préface de F. Campus. Traduit de l'anglais par A. de Riva-Berni. 482 S. 229 Abb. Paris & Liège: Ch. Béranger 1939. 250 fr.

TRENDELENBURG, FERDINAND. Einführung in die Akustik. 304 S. 215 Abb. Berlin: J. Springer 1939. 24,60 RM.

WEBER, W. Das Schallspektrum von Knallfunken und Knallpistolen mit einem Beitrag über Anwendungsmöglichkeiten in der elektroakustischen Meßtechnik. Dissertation Berlin.

WEISSE, KARLHANS. Nachhallgestaltung in Sälen für Tonfilm-Wiedergabe. Berlin: Bauwelt-Verlag 1939. 48 S.

WOOD, ROBERT WILLIAMS. Supersonics: the science of inaudible sounds. 160 S. Providence, Rhode Island: Brown University. 1939. 2 Dollar.

YOUNG, T. CAMPBELL. The making of musical instruments. London 1939. 208 S.

Richtlinien der Lärmabwehr. 14 S. 17 Abb. Berlin: VDI-Verlag. 1,50 RM.

Lärmbekämpfung in gewerblichen Betrieben. Verlag Reichsarbeitsblatt, Berlin.

Zeitschriften des Jahres 1939

Einteilung:

1. Allgemeines und Gesamtdarstellungen.
2. Physikalische Akustik.
3. Siebketten (elektrische und akustische).
4. Meßtechnik.
5. Raum- und Bauakustik.
6. Schallübertragung und Rundfunk.
7. Schallübertragung auf Leitungen.
8. Mikrophone.
9. Membranen und Platten.
10. Telephone.
11. Lautsprecher und Übertragungsanlagen.
12. Tonfilmtechnik.
13. Magnettontechnik.
14. Schallplattentechnik.
15. Akustik in der Wehrtechnik.
16. Echolotung.
17. Lärm- und Erschütterungsabwehr.
18. Medizinische und physiologische Akustik (Gehör)
19. Sprache.
20. Musikalische Akustik.
21. Elektrische Musik.
22. Piezoelektrische Kristalle.
23. Ultraschall.

1. Allgemeines und Gesamtdarstellungen

Electroacoustic during 1938. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 3, S. 161—174.

Elektroacoustics. Proc. phys. Soc., Lond. **51** (1939), S. 359—375.

The Acoustical Society of America. Its aims and trends. H. FLETCHER. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 13—14.

The Journal of the Acoustical Society of America. F. R. WATSON. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 15 bis 20.

Events leading to the formation of the Acoustical Society of America. W. WATERFALL. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 11—12.

La normalisation des termes électro-acoustiques. L'Electricien **70** (1939), Nr. 1706, S. 190—192.

L'elettroacustica. A. GIGLI. Elettrotecnica **26** (1939), Nr. 4, Suppl. S. 215—220.

Ignaugurazione dell'Istituto Nazionale di Elettroacustica e commemorazione di Orso Mario Corbino. Alta Frequ. **8** (1939), Nr. 5, S. 355—358.

Akustisches Schrifttum in Zeitschriften des Jahres 1938. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 3, S. 191—207, Nr. 4, S. 282 bis 287.

On the voice of the sea. N. N. ADREEV. C. R. (Doklady) Acad. Sci., URSS **23** (1939), Nr. 7, S. 625—628. (infrasound vibrations.)

Un libro italiano di elettroacustica. P. ILARDI. Radio e Televisione **4** (1939), Nr. 3, S. 156—157.

Bibliography. Rev. d'Acoust. **8** (1939), S. 117—119.

2. Physikalische Akustik

Über die Möglichkeit einer akustischen Abbildung in Analogie zur optischen. Das Problem der Sicht durch undurchsichtige Medien. R. POHLMANN. Z. Phys. **113** (1939), Nr. 11/12, S. 697—709.

Zur Bestimmung von Molekülradien organischer Flüssigkeiten aus Schallgeschwindigkeit und Dichte. W. SCHAAFFS. Z. Phys. **114** (1939), Nr. 1/2, S. 110—115.

Aufbau und Eigenschaften eines veränderbaren akustischen Vergleichswiderstandes. K. SCHUSTER u. W. STÖHR. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 4, S. 253—260.

A comparison of the influence of audible sound and of ultrasonic waves on colloidal and two-phase systems

H. Freundlich & J. W. Gillings. Trans. Faraday Soc. **35** (1939), Nr. 319—324.

Some applications of normal coordinates to engineering vibration systems. R. Eksergian. J. Franklin Inst. **227** (1939), Nr. 5, S. 673—690.

Graphical analysis of free vibrations of helical springs. K. J. De Juhasz. J. Franklin Inst. **227** (1939), Nr. 5, S. 647—672.

The vibrations of helical springs. R. M. Davies. Engng. **148** (1939), Nr. 3837, S. 113—115, Nr. 3839, S. 174 bis 175.

Eigenschwingung und Dämpfung von Gasblasen in Flüssigkeiten. E. Meyer u. K. Tamm. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 3, S. 145—152.

Thermal conditions in sound waves. H. J. Groenewold. Physica **6** (1939), Nr. 3, S. 303—312.

The attenuation of sound in ducts. R. Rogers. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 164.

Acoustical wave propagation in pipes. L. Brillouin. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 10.

Schalldämpfung in Rohren und Schläuchen. E. Waetzmann u. W. Wenke. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 1 bis 9.

Resonant frequencies of certain pipe combinations. J. D. Trimmer. J. Acoust. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 259.

Attenuation of sound in tubes. R. D. Fay. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 259.

Combination tones in sound and light. W. Bragg. Nature, Lond. **143** (1939), Nr. 3622, S. 542—545.

The departure of the overtones of a vibrating wire from a true harmonic series. R. S. Shankland & J. W. Coltmon. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 161 bis 166.

Die wahre Schallgeschwindigkeit in Luft. H. O. Kneser. Ann. Phys., Lpz. (5) **34** (1939), Nr. 7, S. 665—668.

Die experimentelle Grundlage zum Entwurf des akustischen Luftstrahlgenerators. J. Hartmann & E. v. Mathes. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 2, S. 126—136.

Der akustische Luftstrahlgenerator. J. Hartmann. Umschau **43** (1939), S. 589—591.

The diffraction of sound by ribbons and by slits. Ph. M. Morse. & P. J. Rubenstein. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 258—259.

Periodic variation of temperature caused by sound wave. T. Hayashi. Electrotechn. J., Tokyo **3** (1939), Nr. 5. S. 103—106.

Mechanical and electrical analogies of the acoustical path. H. L. Saxton. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 4, S. 318—323.

On sound localization. H. Wallach. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 4, S. 270—274.

A theoretical determination of sound absorptivities by the impedance method with experimental verification. H. A. Leedy. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 4, S. 288—292.

Über die Absorption von Schallwellen bei der Reflexion an einer festen Grenze. B. Konstantinov. J. techn. Phys., Leningrad **9** (1939), S. 226—238.

Der Schallstrahlungsdruck in Flüssigkeiten. G. Hertz u. A. Mende. Z. Phys. **114** (1939), Nr. 5/6, S. 354—367.

Zur Theorie des Schallstrahlungsdruckes. Cl. Schaefer. Ann. Phys. (5) **35** (1939), Nr. 6, S. 473—491.

Sound effects console. W. W. Strathy. Commun. **19** (1939), Nr. 7, S. 12—14.

Notes on electroacoustic feedback systems. H. S. Knowles. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 257.

The velocity of sound. R. C. Colwell, A. W. Friend & D. A. McGraw. J. Franklin Inst. **227** (1939), Nr. 2, S. 251—255.

The velocyti of sound in liquid helium under pressure. C. I. Findlay, A. Pitt, H. G. Smith, O. I. Wilhelm. Phys. Rev. **56** (1939), Nr. 1, S. 122.

Zusammenhänge zwischen Schallgeschwindigkeit und Konstitution organischer Verbindungen. W. Schaaffs. Z. Phys. **114** (1939), Nr. 3/4, S. 251—256.

New tone-control circuit obtaining bass and treble lift. J. E. Varrall. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 19, S. 449—450.

Transverse vibration of bar. T. Hayasaka. Nippon electr. Commun. Engng. 1929, Nr. 17, S. 53.

The effect of rotatory and lateral inertia ou flexural vibration of prismatic bar. W. T. Thomson. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 2, S. 198—204.

Multiwinding magnetostriction vibrator. T. Hayasaka. Nippon electr. Commun. Engng. 1939, Nr. 17, S. 51 bis 52.

The parabolic sound concentrator. R. C. Coile. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 167.

The calculation of Chladni patterns. J. K. Stewart & R. C. Colwell. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 147—151.

Amplificazione di potenza a frequenza acustica. A. Pinciroli. Boll. Tecnico Ist. mil sup. transm. **18** (1939), Nr. 3/4, S. 88—103.

Analysis of frequency multiplier. H. Uchida. Electrotechn. J., Tokyo **3** (1939), Nr. 7, S. 156—164.

Frequency doublers. H. B. Dent. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 19, S. 439—440.

Frequency-response control networks. B. Ephraim. Commun. **19** (1939), Nr. 6, S. 12—13, 32.

What is „fluctuation noise?" Factors that set a limit to range. Wireless Wld. **45** (1939), Nr. 9, S. 223—224.

Noise rejection circuits. W. Russell. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 5, S. 38—40, 42.

Dispersie van de vortplantingssnelheid en absorptie van geluidsgolven in gassen. P. Mariens. Wiss. Naturk. Tidscr. **9** (1939), Nr. 5, S. 124—141.

On the question of „inversion" of sound waves of finite amplitude. L. Mjesnikov. Techn. Phys. USSR 5 (1939), Nr. 12, S. 932—943.

Die Darstellung elektromechanischer Apparate durch elektrische Ersatzschaltbilder. J. C. Lang. Funktechn. Mh. 1939, Nr. 6, S. 183—189.

Measurements on the absorption of sound in CO_2 gas, in CO_2 containing small quantities of H_2, D^2, H_2O, D^2O and also in mixtures of CO_2 and O_2. A. van Itterbeek, P. de Bruyn & P. Mariens. Physica **6** (1939), Nr. 6, S. 511—518.

The multitone. W. L. Barrow. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 258, Nr. 4, S. 275—279.

Reproduction of sound. Electrician, Lond. **122** (1939), Nr. 3182, S. 663—664, Nr. 3183, Nr. 695—696, Nr. 3184, S. 742, Nr. 3185, S. 773—774, Nr. 3186, S. 803 bis 804, Nr. 3189, S. 44—45, Nr. 3190, S. 71—72, Nr. 3191, S. 100—101, Nr. 3192, S. 129—130, Nr. 3193,

S. 155—156, Nr. 3194, S. 184—185, Nr. 3195, S. 214 bis 215.

Fortschritte der mechanischen Schwingungsforschung. H. G. Küssner. Z. VDI **83** (1939), Nr. 6, S. 149—155.

Schallstrahlung. A. Th. van Urk u. R. Vermeulen. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), Nr. 8, S. 225—234.

Pression de radiation en acoustique. J. Mendousse. C. R., Acad. Sci., Paris **208** (1939), S. 1977—1979.

Combination tones in sound. W. Bragg. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 5—9.

The filtration of sound. R. B. Lindsay. J. appl. Physics **10** (1939), Nr. 10, S. 680—687.

Acoustic condition factors. M. Rettinger. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), Nr. 4, S. 410—420.

The persistence of molecular vibration in collisions. R. J. Dwyer. J. Chem. Phys. **7** (1939), Nr. 1, S. 40—44.

Sur l'audibilité des sciènces en présence des bruits de rue. P. Baron. C. R. Acad. Sci., Paris **208** (1939), Nr. 22, S. 1714—1715.

Theoretische Bemerkungen zur Schalldämpfungsmessung an Rohren und Schläuchen. W. Wenke. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 10—12.

Das Schallspektrum von Knallfunken und Knallpistolen mit einem Beitrag über Anwendungsmöglichkeiten in der elektroakustischen Meßtechnik. W. Weber. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 6, S. 373—391.

Über die Berechnung des Schallfeldes einer Luftschraube. W. Ernsthausen u. W. Willms. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 20—28.

Die Wirkung intensiven Schalls auf Metallschmelzen. II. Die Bedeutung der Frequenz und Intensität des Schalls für die Kornverfeinerung. G. Schmid u. A. Roll. Z. Elektrochem. **45** (1939), S. 769—775.

Filtration of oblique elastic waves in stratified media. R. B. Lindsay. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 2, S. 178—183.

Sound insulation characteristics for ideal partitions. K. C. Morrical. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 2, S. 211—215.

Sound absorption of snow. G. Seligman. Nature, Lond. **143** (1939), Nr. 3634, S. 1071.

Absorption of sound by systems with double resonance. W. Nesterov. J. techn. Phys. (russ.) **9** (1939), Nr. 19, S. 1727—1739.

An investigation of the accuracy of König's formula for the Rayleigh disk. A. C. Merrington & C. W. Oatley. Proc. roy. Soc. Ser. A **171** (1939), Nr. 947, S. 505—524.

Periodic analysis of seismic waves, and problems connected therewith. P. Calvi. Ricerca sci. **10** (1939), S. 275—290.

Combination tones in sound and light. W. A. Bragg. Proc. roy. Inst. **30** (1939), S. 424—433. Nature, Lond. **143** (1939), S. 542—545.

Flammes excitratrices pour signal. Z. Carriere. Rev. Acoust. **8** (1939), S. 47—48.

La transmission du son à travers les glaces simples et des glaces doubles. L. Renault. Rev. Acoust. **8** (1939), S. 12—46.

Propagation d'ondes sonores planes au voisinage d'un plan absorbant. J. Brillouin. Rev. Acoust. **8** (1939), S. 97—109.

The propagation of shock waves in air. L. Thompson & N. Riffolt. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 2, S. 233—244, Nr. 2, S. 245—253.

Vibration problems. J. Ormondroyd. J. appl. mech. **6** (1939), Nr. 2, S. A 86—A 88.

Experimental study of the vibration of a spheric pendulum in an air flow. S. Strelkov. J. techn. Phys. (russ.) **9** (1939), Nr. 19, S. 1763—1766.

3. Siebketten (elektrische und akustische)

Einführung in die elementare Filtertheorie als Anwendung der allgemeinen Vierpoltheorie. E. Hachmeister. ETZ **60** (1939), Nr. 28, S. 843—846.

Single-sideband filter theory with television applications. J. M. Hollywood. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 7, S. 457—472.

Dreikreisige Bandfilter mit symmetrischer ausgeglichener Übertragungskurve. H. Wucherer. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **28** (1939), Nr. 6, S. 231—238, Nr. 8, S. 234—329.

New methods of designing electrical wave filters. A. Matsumoto, M. Saisyo. Nippon electr. Commun. Engng. 1939, Nr. 17, S. 18—23.

Frequenzweichen konstanten Betriebswiderstandes. W. Cauer. Elektr. Nachr.-Techn. **16** (1939), Nr. 4, S. 96 bis 120.

Filtres électriques, largeurs de bande et temps d'établissement. P. Nicolas. Rev. gén. Électr. **46** (1939), Nr. 1, S. 27—29.

Über die Wirksamkeit der Siebketten von Netzgleichrichtern. P. Miram. Funk 1939, Nr. 15, S. 393—397.

A band-pass filter of variable width with constant form-factor and middle frequency. Wireless Engr. **16** (1939), Nr. 191, S. 381—382.

A longitudinal-noise filter for the type-K carrier system. P. W. Rounds. Bell Labor Rec. **17** (1939), Nr. 9, S. 297—300.

The operation of filters in parallel. H. Stanesby. Post Office electr. Engrs. J. **32** (1939), Nr. 2, S. 135—137.

Certain properties of dissymmetrical T pure reactance networks. H. Cafferata. Marconi Rev. 1939, Nr. 74, S. 24—34.

Ausgangsseitig leerlaufende Filter. W. Cauer. Elektr. Nachr.-Techn. **16** (1939), Nr. 6, S. 161—163.

Notes on the equivalence of electrical networks. G. Calabrese. Gen. Electr. Rev. **42** (1939), Nr. 7, S. 323 bis 325.

Channel filters employing crystal resonators. H. Stanesby & E. R. Broad. Post Office electr. Engr. J. **31** (1939), Nr. 4, S. 254—264.

Ein Rundfunkbandfilter veränderlicher Bandbreite bei gleichbleibender Einsattelung und fester Bandmitte. E. Alsleben & E. Weiler. Hochfrequenztechn. **53** (1939), Nr. 5, S. 160—162.

Frequency separator. M. W. Thompson. Radio News **21** (1939), Nr. 6, S. 10—12, 51.

Weichenfilter. H. Piloty. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **28** (1939), Nr. 8, S. 291—298, Nr. 9, S. 333—334.

Wellenfilter, insbesondere symmetrische und antimetrische, mit vorgeschriebenem Betriebsverhalten. H. Piloty. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **28** (1939), Nr. 10, S. 363—375.

Bandfilter ohne und mit Rückkopplung. J. Mühlner. Hochfrequenztechn. **54** (1939), Nr. 3, S. 80—93.

Zur Theorie der Siebketten aus X-Schaltungen. R. Feldtkeller. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **28** (1939), Nr. 1, S. 27—32.

Einfache Bandpaß-X-Schaltungen. R. Rabe. Telegr., Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **28** (1939), Nr. 12, S. 449—457, **29** (1940), Nr. 1, S. 25—29.

Le tuyau acoustique comme filtre passe-haut. L. Brillouin. Rev. Acoust. **8** (1939), S. 1—11.

Réseaux filtrants a cellules indéfinement croissantes ou décroissantes. J. Brillouin. Rev. Acoust. **8** (1939), Nr. 1—3, S. 79—96.

Amplitudensiebe und ihre Verwendung in Fernsprechanlagen. W. Benz. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **29** (1939), Nr. 2, S. 63—68.

Sur l'effet des pertes dans les filtres de bande. E. Labin. Onde électr. **20** (1939), Nr. 207, S. 120—148.

Einführung in die physikalischen Grundlagen der Vierpoltheorie. E. Hameister. ETZ **60** (1939), Nr. 14, S. 435—438.

New principles for practical computation of filter attenuations by means of frequency transformations. T. Laurent. Ericsson Techn. 1939, Nr. 3, S. 57—72.

Die Übertragungseigenschaften eines Kreuzgliedes aus widerstandsreziproken Impedanzen unter besonderer Berücksichtigung der Laufzeit. K. H. Krambeer u. R. Erdniss. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **28** (1939), Nr. 11, S. 395—403.

Vergleich zwischen Siebfaktor, Grenzfrequenz und Zeitkonstante. H. Pitsch. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 23, S. 623—624.

Improvement on the filter repeating coil. A. Matsumoto. Nippon electr. Commun. Engng. 1939, Nr. 18, S. 120 bis 121.

On quartz crystal vibrators as elements for electrical wave-filter. Z. Kamayachi & T. Ishikawa. Nippon electr. Commun. Engng. 1939, Nr. 18, S. 103—106.

On the new filter design methods. R. Kamiya. Nippon electr. Commun. Engng. 1939, Nr. 18, S. 95—102.

Differential magnetostriction filter. K. Fukusima & T. Koitibara. Nippon electr. Commun. Engng. 1939, Nr. 18, S. 84—86.

4. Meßtechnik

Apparatus for acoustic and audio-measurements. H. A. Chinn & V. N. James. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 239—245.

Hörschall- und Ultraschalluntersuchungen von Betonbalken mit Rissen. E. Meyer u. E. Bock. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 4, S. 231—237.

A reverberation-time scale for high speed level recorders. K. C. Morrical. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 4, S. 300—301.

Die Ermittlung des Frequenzbereiches mit den Ersatzschaltungen der Röhre. H. Pitsch. Funk 1939, Nr. 8, S. 205—208.

An ultra-high-frequency measuring assembly. S. Sabaroff. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 3, S. 208—212.

Eine Schaltung zur Messung tiefer Frequenzen auf lichtelektrischem Wege. E. F. Zeitz. Z. Fernmeldetechn. **20** (1939), Nr. 4, S. 62—63.

Oscillograph design considerations. G. Robert Mezger. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 3, S. 192 bis 198.

Elektronenstrahl-Oszillograph. Geschichtliche Entwicklung. A. Bigalke. Arch. techn. Messen 1939, Lfg. 96, S. T 79.

Impulse testing. Using cathode-ray oscilloscope equipment. G. J. Siezen. Wireless Engr. **16** (1939), Nr. 191, S. 391—399.

Ein neues Verfahren zur Frequenzmessung. H. Martin. Z. techn. Phys. **20** (1939), Nr. 4, S. 104—108.

Allwellen-Frequenzmesser (50 . . . 50000 kHz). A. Habermann. Arch. techn. Messen 1939, Lfg. 93, S. T 7 bis T 9.

Transmitting testing apparatus for 30—10000 p. s. communication systems. R. E. Herrick & H. Melling. Electr. Commun. **17** (1939), Nr. 3, S. 239—255.

Messung akustischer Widerstände. W. Wisotzky. Hochfrequenztechn. **53** (1939), Nr. 3, S. 97—104.

Voice frequency volume control. H. Jefferson & C. D. Colchester. Marconi Rev. 1939, Nr. 72, S. 15—33.

Schluckgradvergleichsmessungen. E. Meyer u. Arnold Schoch. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 51—61.

Ein Tonschwankungsmesser. K. H. R. Weber. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 33—42.

A moving coil pistonphone for measurement of sound field pressure. R. P. Glover & B. Baumzweiger. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 200—202.

Analyseur mesurant les phases relatives des harmoniques d'un son. Z. Carrière. J. Phys. Radium (7) **10** (1939), Nr. 1, S. 14—22.

The new sound measurement building at Witton, with special reference to the measurement of noise in electrical machinery. H. Jacoby. G. E. C. Journ. **10** (1939), Nr. 2, S. 106—111.

La mesure objektive du bruit. Les causes électriques du bruit des machines. E. Bérard. Bull. Soc. franç. Electr. (5) **9** (1939), Nr. 104, S. 676—714.

Noise and noise measurement. A bibliography. D. Silverman. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 2, S. 34.

Reverberation-time meter. W. M. Hall. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 4, S. 302—304.

A new apparatus for direct reading of the pitch and intensity of sound and its application. J. Obata & R. Kobayashi. Electrotechn. J., Tokyo **3** (1939), Nr. 7, S. 152—156.

Verfahren zur trägheitsfreien Aufzeichnung von Tonhöhenschwankungen. W. Lottermoser. Z. VDI **83** (1939), Nr. 30, S. 891—892.

Meßanlagen für das Verhalten eines Schiffes im Seegang auf dem KDF-Schiff „Robert Ley". Masch.-Mkt. 1939, Nr. 51, S. 9—10, Nr. 53, S. 16—17.

Ein neuer Erschütterungsmesser und die Aufzeichnung nichtsinusförmiger Bewegungen. H. Martin. Z. Geophys. **15** (1939), Nr. 1/2, S. 24—30.

Architectural acoustic testing with electro-thermal noise as a test source. V. A. Schlenker. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 164.

An acoustic transmission line for impedance measurement. W. M. Hall. J. Acoust. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 140—146.

The loudness of continuous spectrum noise and its application to loudness measurements. F. H. Brittain. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 113—117.

Measurement of sound absorption coefficients from the viewpoint of the testing laboratory. P. E. Sabine. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 41—44.

Präzisionsmessungen der Ultraschallgeschwindigkeit in verschiedenen Flüssigkeiten. E. SCHREUER. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 4, S. 215—230.

Über Schallgeschwindigkeitsmessungen in flüssigem Argon. H. W. LIEPMANN. Helv. phys. Acta **12** (1939), Nr. 5, S. 421—442.

Spectrometer for audio frequency. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 11, S. 76.

Terminology for logarithmic frequency units. R. W. YOUNG. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 134 bis 139, 166.

Further notes on the new volume unit (V U and the new standard volume indicator). D. K. GANNETT. Teleph. Engr. **43** (1939), Nr. 5, S. 21—22, 29.

How many decibels? H. P. LAWTHER. Electr. Engng. **58** (1939), Nr. 8, S. 328—329.

The decibel. B. C. BURDEN. Teleph. Engr. **43** (1939), Nr. 1, S. 33, 89—90, 100.

Schnellschreibende Einrichtung zur Untersuchung elektroakustischer Geräte. A. MARTIN & B. JADEN. Siemens Z. **19** (1939), Nr. 5, S. 224.

Frequenzmesser nach dem Kompensationsverfahren. E. KADEN. Elektr. Nachr.-Techn. **16** (1939), Nr. 7, S. 187—203.

A high-frequency wavemeter. H. R. MEAHL. Gen. Electr. Rev. **42** (1939), Nr. 6, S. 279.

Portable high-frequency transmission-measuring set. F. R. DICKINSON. Bell Labor. Rec. **17** (1939), Nr. 12, S. 385—389.

Spannungsmesser für das Frequenzgebiet von 30 Hz . . . 200 MHz. J. LANG. Veröff. Geb. Nachr.-Techn. **9** (1939), Nr. 1, S. 111—115.

Meßsender für den Frequenzbereich von 100 kHz bis 100 MHz. H. NITSCHE. Arch. techn. Messen 1939, Lfg. 95, S. T 66—Z 67.

Messung der nichtlinearen Verzerrung. H. KOSCHEL. Veröff. Geb. Nachr.-Techn. **9** (1939), Nr. 1, S. 29—34.

Empfindlichkeit und Frequenzcharakteristiken eines neuen elektrodynamischen Erschütterungsmessers. H. MARTIN. Phys. Z. **40** (1939), Nr. 18, S. 577—582.

Ein neuer Erschütterungsmesser und die Aufzeichnung nichtsinusförmiger Bewegungen. H. MARTIN. Z. Geophys. **15** (1939), S. 24—30.

A twin-frequency crystal calibrator. Television, Lond. **12** (1939), Nr. 138, S. 489—491.

Sulla stabilita di frequenza degli oscillatori a transconduttanza differenziale negativa. H. FAULSTICH. Alta Frequ. **8** (1939), Nr. 8/9, S. 561—564.

Analyse de sons musicaux. A. DAMMANN. C. R. Acad. Sci., Paris **208** (1939), Nr. 17, S. 1283—1285.

On a diaphragm of a vibrometer for submarine acoustical measurement. T. HAYASAKA. Nippon electr. Commun. Engng. 1939, Nr. 15, S. 572.

Praktische Grundlagen für einfache Lautstärkemessungen. J. FUCHS. Funk 1939, Nr. 19, S. 506—507.

Apparecchiatura per la registrazione automatica di livello fino a 40000 Hz. A. FERRARI-TONIOLO. Alta Frequ. **8** (1939), Nr. 8/9, S. 587—601.

Measurement of sound intensity under water by resonance disk. T. HAYASHI. Electrotechn. J., Tokyo **3** (1939), Nr. 8, S. 175—178.

Correlation of sound absorption coefficients with field measurements. G. T. STANTON. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 45—47.

Some measurements on phase-opposition modulation. L. F. GAUDERNACK & E. BJÖRNSTAD. Ericsson Techn. 1939, Nr. 1, S. 3—13.

Ein akustisches Spektroskop. J. F. SCHOUTEN. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), Nr. 10, S. 302—303.

Akustische Messungen bei Rundfunkstudios. W. D. P. STENFERT. Ingenieur, Nederl. Ind. **6** (1939), I 134 bis I 137.

Eine Methode zur Bestimmung des akustischen Reflexionsvermögens von Bodenflächen. W. ERNSTHAUSEN u. W. v. WITTERN. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 6, S. 353—359.

Optical curve analysis. H. C. MONTGOMERY. Bell Labor. Rec. **18** (1939), Nr. 1, S. 28—30.

Über Präzisionsmessungen von Radiofrequenzen. E. MONTUSCHI. Atti Guidonia 1939, Nr. 2, S. 25—40.

Gas-tube noise generator for circuit testing. E. PETERSON. Bell Labor. Rec. **18** (1939), Nr. 3, S. 81—83.

An artificial mastoid for audiphone measurements. M. S. HAWLAY. Bell Labor. Rec. **18** (1939), Nr. 3, S. 73 bis 75.

Über die Verwendung des Tonfilms zur harmonischen Analyse. L. W. POLLAK. Z. Instrumentenkde. **59** (1939), S. 208—210.

Progress of radio noise meters. C. M. BURRILL. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 12, S. 24.

Noise measurements in the television bands. J. MINTER. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 12, S. 21.

The degenerative sound analyzer. H. H. SCOTT. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 257.

L'analisi dei suoni. A. BARONE. Elettrotecnica **26** (1939) S. 110—111.

Synthetischer Schall. J. F. SCHOUTEN. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), Nr. 6, S. 176—183.

A method of rapid frequency analysis. M. KOBAYASHI, T. HAYASHI & K. KOSEKI. Electrotechn. J., Tokyo **3** (1939), Nr. 11, S. 251—253.

Eine Frequenzmeßanordnung hoher Genauigkeit. H. O. KNESER u. H. KNÖTZEL. Z. techn. Phys. **20** (1939), Nr. 8, S. 242—244.

Synthetic sound Nature, Lond. **144** (1939), Nr. 3643, S. 393.

Measurement and analysis of noise and vibration. D. SILVERMAN. Instrum. **12** (1939), S. 205—236.

The degenerative sound analyzer. H. H. SCOTT. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 2, S. 225—232.

The construction of a timbre test. DON LEWIS. Psychological Rec. **3** (1939), S. 115—135.

Audiogoniometria aerea e subacquea. M. FEDERICI. Elettrotecnica **26** (1939), S. 311—319.

5. Raum- und Bauakustik

Architectural acoustics: its past and its possibilities. P. E. SABINE. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 21—28.

Some aspects of the theory of room acoustics. PH. M. MORSE. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 56 bis 66.

Picture of reflection and its application in architectural acoustics. G. A. CHIGRINSKY. C. R. (Doklady) Acad. Sci., USSR **23** (1939), Nr. 7, S. 631—635.

Das erste Athener Studio des neuen griechischen Rundfunks. G. Schadwinkel. Telefunken-Hausmitt. **20** (1939), Nr. 81, S. 97—99.

C B S Hollywood studios. H. A. Chinn & R. A. Bradley. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 7, S. 421—428.

N B C studios, Hollywood: details for sound insulation and acoustical treatment. Archictectural Forum **70** (1939), S. 167. C. A. Rackey & R. F. Shuetz. Electronics, N. Y. **12** (1929), Nr. 5, S. 11—14, 73.

Neue Rundfunkhäuser in Amerika. K. G. Sell. Welt-Rundfk. **1939**, Nr. 2, S. 11—12.

Bessere Raumakustik. P. Verborg. Rdsch. dtsch. Techn. **1939**, Nr. 1, S. 2.

Bau-Akustik. F. M. Osswald. Das Werk **1939**, Nr. 1.

Die Wandlungen in der Entwicklung von Dämmstoffen als Schallschutz im Hochbau. H. Stössel. Schalltechn. **11** (1939), Nr. 1, S. 5—7.

Estrich auf Schalldämm-Matten. Werner. Schalltechn. **11** (1939), Nr. 1, S. 7—8.

Schallschluckwerte von Herakustikplatten. Filmtechn. **1939**, Nr. 5, S. 146.

Sound insulation in buildings. S. H. Kahn. Master Builder **44** (1939), S. 896—897.

Die Frequenzcharakteristik der günstigsten Nachhallzeit der Räume und der Schallschluckgrad von porösen Stoffen. A. Gigli. Alta Frequ. **8** (1939), Nr. 2, S. 87 bis 97.

Coordinating acoustics and architecture in the design of the motion picture theater. C. C. Potwin & B. Schlanger. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 2, S. 156—168.

Investigation of room acoustics by steady state transmission measurements. F. V. Hunt. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 216—227, 259.

Akustikverbesserungs-Anlagen in Kirchen. Rfdk. Gerät **1939**, Nr. 3, S. 12—14.

The absorption of sound by vibrating plates backed with an air space. R. Rogers. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 4, S. 280—287.

Contrclled sound reflection in review rooms and theaters. C. M. Mugler. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 5, S. 583.

Absorption limits for interference nodes in rooms. M. Rettinger. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 5, S. 518.

Über die Eigentöne von Räumen mit nichtebenen Wänden und die diffuse Schallreflexion. E. Skudrzyk. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 3, S. 172—186.

Some acoustic faults in large auditoria. H. J. O'Dell. British Kinematogr. Soc., J. **2** (1939), Nr. 2, S. 98 bis 106.

Das Abklingen des Schalles im Raum mit harten Wänden und der diffuse Koeffizient der Schallabsorption. K. Konstantinov. J. techn. Phys., Leningrad **9** (1939), S. 424—432.

Transmission of sound between neighbouring rooms in a brick building. J. E. R. Constable. Proc. phys. Soc., Lond. **51** (1939), S. 53—61.

Einige akustische Fehler in großen Wiedergaberäumen, H. J. O'Dell. J. British Kinematogr. Soc. **2** (1939), Nr. 2, S. 98.

Akustische Messungen bei Rundfunkstudios. W. D. P. Stenfert. Ingenieur, Nederl. Ind. **6** (1939), I 134 bis I 137.

Acustica architettonica ed elettrotecnica. A. Gigli. Elettrotecnica **26** (1939), Nr. 306—311.

Eine Anordnung zur Regelung der akustischen Eigenschaften eines Raumes. W. Oelsner. Hochfrequenztechn. **54** (1939), Nr. 3, S. 105.

Normal modes of vibration in room acoustics: angular distribution theory. R. H. Bolt. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 74—79.

Analysis of sound decay in rectangular rooms. F. V. Hunt, L. L. Beranek & D. Y. Maa. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 80—94.

Controlled sound reflection in review rooms, theaters etc. C. M. Mugler. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), Nr. 4, S. 421—425.

Le nouvelle studio de Radio-Cité. A. Kohan. Ind. franç. Radioélectr. **1939**, Nr. 144, S. 12—13.

The absorption coefficient problem. F. V. Hunt. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 38—40.

Correlation of sound absorption coefficients with field measurements. G. T. Stanton. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 45—47.

Comparison of sound absorption coefficients obtained experimentally by different methods. F. J. Willig. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 257—258, Nr. 4, S. 293—299.

Sound insulation characteristics for ideal partitions. K. C. Morrical. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 164.

Sound absorption of snow. G. Seligman. Nature, Lond. **143** (1939), Nr. 3634, S. 1071.

Possible variation of sound absorption coefficients with intensity. F. J. Willig. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 95.

Effect of an absorbing wall on the decay of normal frequencies. N. B. Bhatt. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 67—73.

Frequency distribution of Eigentones in a three-dimensional continuum. R. H. Bolt. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 228—234.

Distribution of Eigentones in a rectangular chamber at low frequency range. Dah-You Maa. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 235—238.

Über die Schallschluckung mit Hilfe von gedämpften Resonatoren. W. Willms. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 29—32.

Theory and design of the simplest resonance sound-absorbing systems. S. N. Rschevkin. C. R. (Doklady) Acad. Sci., URSS **22** (1939), Nr. 9, S. 564—569.

Zur Schallausbreitung längs poröser Stoffe. K. Schuster. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 5, S. 335—340.

Zur Ableitung der Nachhallformel. K. Schuster. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 5, S. 313—315.

Artificially controlled reverberation. S. K. Wolf. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 4, S. 390—397.

Vorschlag zur Definition der Trittschalldämmung. P. Haller. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 6, S. 370—372.

Normal modes of vibration in room acoustics. Experimental investigations in nonrectangular enclosures. R. H. Bolt. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 2, S. 184—197.

Die akustische Wandlung des Theaters des Volkes in Berlin. J. Biehle. Bautechn. **1** (1939), S. 505—507.

6. Schallübertragung und Rundfunk

Die gehörrichtige Wiedergabe von Rundfunkdarbietungen. AEG-Mitt. **1939**, Nr. 8, S. 374—376.

Frequency controlled oscillators. S. SABAROFF. Commun. **19** (1939), Nr. 2, S. 7—9, 50.

Betrachtungen über mögliche Verbesserungen am „modernen Musikgerät". H. HERTEL. Funk 1939, Nr. 10 S. 253—258.

Die selbsttätige Lautstärkeregelung. F. C. SAIC. Funktechn. Mh. **1939**, Nr. 4, S. 105—112.

Der Lautstärkeregler. Funk 1939, Nr. 1, S. 25, Nr. 2, S. 55—56.

Ein Dynamik-Regelgerät. Funk 1939, Nr. 4, S. 91—93.

Berechnung von Klangfarbenreglern und Entzerrern. H. PITSCH. Funktechn. Mh. **1939**, Nr. 3, S. 75—79.

Receiver noise. Factors limiting the useful gain of receivers and amplifiers. D. A. BELL. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 11, S. 247—249.

Noise in television receivers. S. WEST. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 24, S. 563—564.

Subjective assessment of radio receivers. Electrician, Lond. **123** (1939), Nr. 3188, S. 17—18.

Polyphase broadcasting. J. F. BYRNE. Electr. Eng. **58** (1939), Nr. 7, S. 347—350.

Über Verzerrungen bei Einsatz der selbsttätigen, verzögerten Lautstärkeregelung. F. C. SAIC. ETZ **60** (1939), Nr. 23, S. 691—694.

Tone-controlled systems. Obtaining variable frequency response. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 23, S. 532 bis 537.

Bruit d'agitation thermique. E. HÖLZLER & W. ARENS. Ann. Postes Télégr. **28** (1939), Nr. 7, S. 519—531.

Rauschen und Empfindlichkeit von Verstärkerschaltungen. W. KLEEN. Arch. techn. Messen **1939**, Lfg. 98, S. T 108—T 109.

A study of feedback amplifiers by their equivalent circuits. Y. WATANABE & S. OKAMURA. Nippon electr. Commun. Engng. **1939**, Nr. 17, S. 10—17.

Zur Akustik der Preßgehäuse. W. PATZSCHKE. AEG-Mitt. **1939**, Nr. 12, S. 506—507.

Zur Theorie des Breitbandniederfrequenzverstärkers. F. BELOW. Hausmitt. Fernseh A.G. **1** (1939), Nr. 4, S. 144—151.

Entdämpfung fremderregter Verstärker. S. MANSFELD. Funktechn. Mh. **1939**, Nr. 8, S. 246—249.

Die Berechnung der unteren Grenzfrequenz von Widerstandsverstärkern. H. PITSCH. Funktechn. Mh. **1939**, Nr. 7, S. 213—214.

La pratique des amplificateurs de puissance. P. HÉMARDINQUER. La TSF pour tous **1939**, Nr. 1267, S. 120 bis 123.

A low distortion limiting amplifier. E. G. COOK. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 6, S. 38—40.

Vom Mikrophon zum Lautsprecher. F. MARIETTI. Elettrotecnica **26** (1939), S. 242—248, 263—266.

Zur Berechnung von RC-Gliedern für Baßanhebung in Niederfrequenzverstärkern. C. H. STURM. Funktechn. Mh. **1939**, Nr. 3, S. 89—90.

Der Kontrastheber. H. BOUCKE. Funkschau **1939**, Nr. 15, S. 116—118.

Die Steuerung der Schalleistung von Verstärkeranlagen. P. MIRAM. Elektrotechn. Anz. **56** (1939), Nr. 29—31.

Untersuchungen zur Verringerung des Klirrfaktors von Verstärkern vorwiegend für Trägerfrequenzsysteme. W. MADER. Elektr. Nachr.-Techn. **16** (1939), Nr. 5, S. 135—149.

Ein neuer Beitrag zur Ermittlung der erforderlichen Leistung von Trägerfrequenz-Vielfachverstärkern. H. JACOBY & E. SPENKE. Veröff. Elektr. Nachr.-Techn. **9** (1939), Nr. 1, S. 135—144.

Sur l'étude des distorsions de la modulation dues aux circuits de transmission de la haute fréquence modulée. H. CAFFERATA. Onde électr. **18** (1939), Nr. 208, S. 187—189.

Die Störverminderung bei Frequenzmodulation in Abhängigkeit von der Amplitudenbegrenzung. H. ZUHRT. Veröff. Geb. Nachr.-Techn. **9** (1939), Nr. 3, S. 117.

Frequency modulated transmitter. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 11, S. 20—24.

Frequency modulation station demonstrated. F. GUNTHER. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 12, S. 25.

A high-efficiency modulating system. A. W. VANCE. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 8, S. 506 bis 511.

Die Störverminderung bei Frequenzmodulation in Abhängigkeit von der Amplitudenbegrenzung. H. ZUHRT. Hochfrequenztechn. **54** (1939), Nr. 2, S. 37—44.

Major Armstrong's frequency modulation system. P. H. THOMSEN. Nat. Rad. News **8** (1939), Okt.—Nov., S. 3—10.

Die Dimensionierung von Breitbandübertragern unter Berücksichtigung der kapazitiven Einflüsse. TH. HEGNER. Funktechn. Mh. **1939**, Nr. 8, S. 225—234.

Neuere niederfrequente Verstärkereinrichtungen. H. DILL. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **28** (1939), Nr. 8, S. 298—310.

Neue Verstärker. W. W. DIEFENBACH. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 14, S. 441—448.

Messung des Frequenzhubes bei Frequenzmodulation. A. BOSSE. Hochfrequenztechn. **54** (1939), Nr. 6, S. 194—198.

Brückenmodulationsschaltungen. W. DILLENBURGER. Hausmitt. Fernseh G.m.b.H. **1** (1939), Nr. 6, S. 211 bis 215.

Noise disturbance in the broadcast audio frequency band. M. KONO. Nippon electr. Commun. Engng. **1939**, Nr. 18, S. 119—120.

Noise measurements in the television bands. J. MINTER. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr, 12. S. 21.

Die Modulation von Hochfrequenzsendern durch Amplitudenbegrenzung. F. W. GUNDLACH. Hochfrequenztechn. **53** (1939), Nr. 1, S. 10—18.

Frequency modulation. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 3, S. 14—17, 81.

Einseitenbandmodulation, Sendung und Empfang. H. PESCHKE. Funktechn. Mh. **1939**, Nr. 3, S. 84—86.

The application of negative feedback to frequency-modulation systems. J. G. CHAFFEE. Bell Syst. techn. J. **18** (1939), Nr. 3, S. 404—437. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 5, S. 317—331.

Frequency-modulation: theory of the feedback receiving circuit. J. R. CARSON. Bell Syst. techn. J. **18** (1939), Nr. 3, S. 395—403.

Analysis of load-impedance modulation. H. RODER. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 6, S. 387 bis 395.

Fractional-frequency generators utilizing regenerative modulation. R. L. Miller. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 7, S. 446—457.

Frequency modulation in America. Anti-noise broadcasting under test. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 18, S. 411—413, Nr. 19, S. 443—446, Nr. 20, S. 469—471.

La modulation en fréquence n'aura pas lieu . . . demain. L. Chrétien. La TSF pour tous 1939, Nr. 166, S. 91 bis 93.

Velocity modulation. Gen. Electr. Rev. **42** (1939), Nr. 6, S. 233.

A receiver for frequency modulation. J. R. Day. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 6, S. 32—35.

Sur l'étude des distorsions de la modulation dues aux circuits de transmission de la haute fréquence modulé. H. Cafferata. Onde électr. **18** (1939), Nr. 208, S. 187 bis 189.

Modulating for telephony transmissions. H. B. Dent. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 7, S. 159—161.

Wesen und Anwendung der Amplituden-, Phasenwinkel- und Frequenzmodelung. E. C. Metschl. ETZ **60** (1939), Nr. 48, S. 1357—1361, Nr. 49, S. 1395—1401.

Die Grundlagen des entzerrten Verstärkers. H. J. Wegener. Funk 1939, Nr. 4, S. 93—95.

Breitbandverstärker. I. Grundlagen und Tieffrequenz-Entzerrung. H. Pieplow. Arch. techn. Messen 1939 Lfg. 101, S. T 148. Lfg 102, S. T 158/159.

Das Eigenrauschen von Empfängern und Verstärkern. A. Klemt. Funktechn. Mh. 1939, Nr. 11/12, S. 298 bis 304.

Television sound at Alexandra palace. The Marconi-E. M. I. audiofrequency equipment at the London television station. J. L. Turnbull & H. A. M. Clark. Television, Lond. **12** (1939), Nr. 136, S. 341—344, 349.

A single-sideband musa receiving system for commercial operation on transatlantic radiotelephone circuits. F. A. Polkinghorn. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 9, S. 614—615.

Medium-power marine radio-telephone equipment. J. F. McDonald. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 9, S. 614.

Les nouveaux amplificateurs a haut rendement. Rev. Téléph. Télégr. **16** (1939), Nr. 178, S. 205—213.

Die Korrektur der Tiefen- und Höhenwiedergabe beim Qualitätsempfang. Funk 1939, Nr. 16, S. 437—438.

Musiktheorie und die elektroakustischen Verzerrungen in Übertragungssystemen. Saic. Funktechn. Vorwärts 1939, Nr. 9, S. 273—277, Nr. 10, S. 305—310, Nr. 11, S. 337—340, Nr. 12, S. 369—374.

Die Schwundregelung. E. Kettel. Telefunken Röhre 1939, H. 17, S. 228—259.

Amplitude limiters and auto-regulating systems in communication technique. M. Nuovo. Ricerca sci. **10** (1939), S. 261—270.

7. Schallübertragung auf Leitungen

Note on the resistance noise in a coaxial pair. H. J. Josephs. Post Office electr. Engrs. J. **32** (1939), Nr. 1, S. 61—62.

Telephone transmission. Reflection effects and loading theory. B. C. Burden. Teleph. Engr. **43** (1939), Nr. 8, S. 17—18, 30.

Music channels. F. J. D. Taylor. Post Office electr. Engr. J. **31** (1939), Nr. 4, S. 276—279.

The provision of music channels on 12-channel carrier cables. R. J. Halsey & D. G. Tucker. Post Office electr. Engr. J. **31** (1939), Nr. 4, S. 280—285.

Non-linear distortion of music channels with particular reference to the Bristol-Plymouth system. R. E. Jones. Post Office electr. Engrs. J. **32** (1939), Nr. 1, S. 45—51.

Ein Arbeitseichkreis für Fernsprechübertragung. L. C. Pocock. Elektr. Nachr.-Wesen **17** (1939), Nr. 1, S. 16 bis 21.

Telephone transmission testing. Ray Blain. Teleph. Engr. **43** (1939), Nr. 3, S. 17—18, 33—34.

Rundgesprächseinrichtungen. W. Pfister. Telegr. Prax. **19** (1939), Nr. 1, S. 11—12.

Leitungen für Rundfunkübertragung. W. Wolff. AEG-Mitt. 1939, Nr. 8, S. 376—380.

Hochfrequenter Drahtfunk. F. Budischin u. E. Deklotz ETZ **60** (1939), Nr. 31, S. 913—922.

Distribution des tensions vocales dans la transmission simultanée d'un grand nombre de conversations par courants porteurs. D. Thierbach & H. Jacoby. Ann. Post. Télégr. **28** (1939), Nr. 2, S. 118—131.

Technische Grundlagen des Drahtfunks. F. Budischin. Dtsch. Nachr.-Truppen **15** (1939), Nr. 9, S. 166—169.

Pfeifsicherheit (Stabilität) von Fernsprechsystemen mit Verstärkern. P. Oehlen. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **27** (1938), Nr. 12, S. 575—583.

Avogad for radiotelephone circuits. S. B. Wright, S. Doba & A. C. Dickieson. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 4, S. 254—257.

Fernsprechen, Fernschreiben und Fernsehen über Leitungen. F. Strecker. ETZ **60** (1939), Nr. 8, S. 214 bis 222.

8. Mikrophone

Stand und Ziel der Entwicklung von Fernsprechmikrophonen und Telephonen. W. Janovsky u. H. Panzerbieter. Jb. d. elektr. Fernmeldewesens Jg. 1938, S. 64—86.

Absoluteichung von Mikrophonen. W. Ernsthausen. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 13—19.

Eichung von Mikrophonen (Vereinheitlichung der Meßverfahren). I S A **43**, U K 3a. Kösters. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 62—65.

Ein Kondensator-Mikrophon für hohe Frequenzen. W. Geiseler. Funk 1939, Nr. 3, S. 64—65.

A tubular directional microphone. W. P. Mason & R. N. Marshall. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 206—215.

Effect of physical size on the directional response characteristics of undirectional and pressure gradient microphones. F. Massa. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 173—179.

Microphones and their employment. R. H. Cricks. Cinematograph Weekly **263** (1939), Nr. 1656.

Das neue Kristall-Mikrophon. E. Wrona. Dtsch. Elektro-Handw. **17** (1939), S. 450.

Kristallmikrophone. Funk 1939, Nr. 13, S. 361—362.

Das Kristallmikrophon. B. Brunkhorst. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 21, S. 584—586.

Theoretisches über das piezoelektrische Membranmikrophon. P. Beerwald u. H. Keller. Funktechn. Vorwärts **1939**, Nr. 4, S. 97—100.

Criteri di progetto e di taratura dei microfoni elettrostatici. E. Paolini. Alta Frequ. **8** (1939), Nr. 4, S. 219.

Microphones and pick-ups for sound. Television, Lond. **12** (1939), Nr. 131, S. 41—42.

A cardioid directional microphone. R. N. Marshall. Bell Labor. Rec. **17** (1939), Nr. 11, S. 338—342.

A cardioid directional microphone. R. N. Marshall & W. R. Harry. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 5, S. 584, **33** (1939), Nr. 3, S. 254—277.

Unidirectional microphone technic. J. P. Livadary & M. Rettinger. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 4, S. 381—389.

A new unidirectional microphone. B. Baumzweiger. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 3, S. 62—63, 78.

Microphones at Alexandra Palace. Details of the E. M. I. moving coil and ribbon types. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 26, S. 613—614.

Le bruit d'agitation thermique des microphones. Rôle de la resistance motionelle. Y. Rocard. Rev. sci. Febr. 1939, S. 106—107.

Line microphones. H. F. Olson. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 7, S. 438—446.

A method of equalising the frequency characteristic of a telephone transmitter. D. McMillan. Post Office electr. Engr. J. **31** (1939), Nr. 4, S. 299—300.

A new self-contained desk monophone. H. F. Obergfell. Strowger techn. J. **7** (1939), Nr. 2, S. 31—33.

Criterio di progetto e tarature comparative di microfoni elettrostatici. E. Paolini. Elettrotecnica **26** (1939), S. 21.

Schutz des Mikrophons gegen Nachhall. H. Boucke. Funk 1939, Nr. 22, S. 554.

Effect of microphone polarity on percentage modulation. J. L. Hathaway. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 10, S. 28—29, 51.

Dynamische Mikrophone. Funk 1939, Nr. 12, S. 333—334.

Dynamisches Tauchspulmikrophon der AEG. H. Lauffer. AEG-Mitt. 1939, Nr. 5, S. 277—280.

Mikrophone in Theorie und Praxis. Funk 1939, Nr. 14, S. 389—391.

Microfoni piezoelettrici. Alta Frequ. **8** (1939), Nr. 7, S. 485—487.

Mikrophone im Hausgebrauch. R. J. Wittwer. Rundfunk-Ger. 1939, Nr. 22/23, S. 7—9.

Über die Aufstellung von Mikrophonen. Funk 1939, Nr. 15, S. 412—423.

Neue Mikrophone. W. W. Diefenbach. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 14, S. 441—448.

Characteristics of modern microphones for sound recording. F. L. Hopper. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), Nr. 3, S. 278—288.

Hochwertige Mikrophone. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 23, S. 617—618.

Schema di teoria e di classificazione dei microfoni. A. Gigli. Alta Frequ. **8** (1939), Nr. 8/9, S. 537—559.

Microphone efficiency: a discussion and proposed definition. F. Massa. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 164, Nr. 2, S. 222—224.

The development of modern microphones. R. C. Coile. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 163—164.

New microphone providing uniform directivity over an extended frequency range. R. N. Marshall & W. R. Harry. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 164.

A sound source for investigating microphone distortion. W. D. Phelps. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 164, Nr. 2, S. 219—221.

Kristallmikrophone. Funk 1939, Nr. 13. S, 361—362.

Transmitter inset with reduced frequenty distortion. G. W. Sutten. Engng. Suppl. Siemens Mag. Mai 1939, Nr. 168, S. 11—12.

3-way microphone announced by RCA. Amer. Cinematogr. Apr. 1939, S. 180.

9. Membranen und Platten

Fundamental vibatrion of a rectangular plate. K. D. Waller. Nature, Lond. **143** (1939), Nr. 3610, S. 27 bis 28.

Versuche mit einer Membran in Kuppelform. H. Grothoff. Funk 1939, Nr. 4, S. 110—112.

On the clamped circular plate. T. Hayasaka. Nippon electr. Commun. Engng. 1939, Nr. 17, S. 52—53.

Vibrations of a ribbon of metal or other material excited by air currents. S. Suzuki & Z. Miduno. Phys. Math. Soc. Japan, Proc. **20** (1938), S. 926—950.

Some properties of resonance disk and its application. M. Kobayashi & T. Hayashi. Electrotechn. J. Tokyo **3** (1939), Nr. 1, S. 16—18.

Sulla causa della corrosione di membrane vibrante nell'aqua. M. Federici. Electrotecnica **26** (1939), Nr. 14, S. 500—502.

Effect of a back chamber to a clamped circular plate. T. Hayasaka. Nippon electr. Commun. Engng. 1939, Nr. 18, S. 121.

Symmetrical extensional vibration and symmetrical torsional vibration of the free circular plate. T. Hayasaka. Nippon electr. Commun. Engng. 1939, Nr. 18, S. 118—119.

10. Telephone

The balanced armature type mechanism for sound powered telephones. A. E. Woodruff. Strowger techn. J. Juni 1939, S. 14—24.

Ein besserer kommerzieller Fernsprechhörer. J. S. P. Robertson. Elektr. Nachr.-Wesen **17** (1939), Nr. 2, S. 118—126.

Telephone transmission testing by subjective methods. W. West. Post Office electr. Engr. J. **31** (1939), Nr. 4, S. 286—292.

Die Bewertung der Übertragungsgüte von Fernsprechsystemen. H. Bornemann. Europ. Fernsprechdienst 1939, Nr. 51, S. 32—38.

The ortho-technic audiphone. W. L. Tuffnell. Bell Labor. Rec. **18** (1939), Nr. 1, S. 8—11.

11. Lautsprecher und Übertragungsanlagen

Proprietà elastiche e meccaniche dei coni degli altoparlanti a bobina mobile. A. Manfredi. Ric. sci. Progr. tecn. Econ. naz. **10** (1939), Nr. 404—415.

Klangzerstreuer in Lautsprechern. J. de Boer. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), Nr. 5, S. 136—140.

The sectoral electromagnetic horn. W. L. Barrow & F. D. Lewis. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 1, S. 41—50.

Theory of the electromagnetic horn. W. L. Barrow & L. J. Chu. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 1, S. 51—64.

Multiple coil, multiple cone loudspeaker. H. F. Olson. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 256—257.

Prüfung von Lautsprechern (Vereinheitlichung der Meßverfahren). I S A 43. UK 3a. E. Meyer. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 65—67.

Output stage and loudspeaker. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 6, S. 136—139, Nr. 7, S. 167—170.

Some remarks on the generalised group of Nessel loudspeaker horns. V. V. Furduev. J. techn. Phys. **9** (1939), Nr. 2, S. 165—167.

Design for exponential horns of square cross section. G. H. Logan. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 2, S. 33.

Indoor and outdoor response of an exponential horn. C. P. Boner. H. W. Jones & W. J. Cunningham. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 180—183.

Pour chaque tube basse fréquence le haut-parleur qui convient. G. Giniaux. La TSF pour tous **15** (1939), Nr. 1, S. 25—26.

Concentric folded horn design. A. J. Sanial. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 1, S. 16—18.

Some measurements on a hyperbolic horn. V. Salmon. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 256.

Der Wechselstromwiderstand des dynamischen Lautsprechers. J. Görner. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 11, S. 323—325.

Exponential loud speaker horns. How to work out the curvature of the sides. Wireless Wld. **45** (1939), Nr. 3, S. 48—50.

Non-linear distortion introduced by the magnetic system of an electro-dynamic loudspeaker. V. V. Furdeev, N. K. Mikheeva & B. S. Grigorev. Isvestiya Elektroprom. Slab. Toka 1939, Nr. 2, S. 25—38.

Le branchement de plusieurs haut-parleurs. G. Giniaux. La TSF pour tous **15** (1939), Nr. 1, S. 30—32.

Le haut-parleur est-il coupable? G. Giniaux. La TSF pout tous **15** (1939), Nr. 1, S. 20—24.

Le fonctionnement du haut-parleur moderne. L. Chretien. La TSF pour tous **15** (1939), Nr. 1, S. 7—19.

Documentation sur les caractéristiques techniques des haut-parleurs actuellement sur le marché. La TSF pour tous **15** (1939), Nr. 1, S. 32.

Die Vielseitigkeit von Lautsprecher-Anlagen. Wirtsch., Techn. Verk. 1939, Nr. 12, S. 9.

Electromagnetic horns. C. Reber. Commun. **19** (1939) Nr. 2, S. 13—15.

Output stage and loudspeaker. Valve damping, negative feedback and transformer design. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 7, S. 167—170.

A loudspeaker system for high-quality broadcasting. S. A. Waite. Commun. **19** (1939), Nr. 3, S. 12—13, 15.

Electromagnetic horn design. L. J. Chu & W. L. Barrow. Electr. Engng. **58** (1939), Nr. 7, S. 333—338.

Multiple coil, multiple cone loudspeakers. H. F. Olson. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 4, S. 305—312.

Inhomogenität von Magnetfeldern dynamischer Lautsprecher. W. Reinhard. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 2, S. 137—141.

Ein elektrisches Megaphon. J. de Boer. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), Nr. 9, S. 285—287.

Lautsprechstellen. E. Plass. Z. Fernmeldetechn. **20** (1939), Nr. 4, S. 63—64.

Über den Einbau von Lautsprechern. W. Furrer. Bull. schweiz. eletrotechn. Ver. **30** (1939), Nr. 14, S. 369—372.

Eine fahrbare Übertragungsanlage bei der Truppe. Strauss u. Lyon. Dtsch. Nachr.-Truppen **15** (1939), Nr. 7, S. 127—129.

Ausgangsstufe und Lautsprecher. Funktechn. Mh. 1929, Nr. 7, S. 220—224.

Der Wirkungsgrad von Lautsprechern. J. de Boer. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), Nr. 10, S. 313—319.

Rechnungsunterlagen für eine verzerrungsfreie Lautstärkeregelung (L- und T-Regler). E. Billeter. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 16, S. 503.

Elektroakustische Anlagen für das Gautheater Saarpfalz. Radio e Televisione **4** (1939), Nr. 1, S. 26—31.

Public address system at the thirty-fourth International Eucharistic Congress. Budapest, May 22—29, 1938. G. A. de Czegledy. Electr. Commun. **17** (1939), Nr. 4, S. 319—324.

Die elektroakustische Übertragungsanlage an Bord des E. S. „Robert Ley". G. Gellmeyer. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 9, S. 260—262.

Großlautsprecher-Anlagen neuer Konstruktion. A. Kürzeder u. F. Spreither. Funk 1939, Nr. 4, S. 98 bis 100.

Die Aufgaben der Betriebs-Lautsprecheranlage in einem neuzeitlichen Unternehmen. J. Kirstaedter. ETZ **60** (1939), Nr. 10, S. 295—299.

Die Wiedergabegüte des Stadions in Prag. J. B. Slavik. Schalltechn. **11** (1939), Nr. 1, S. 2—4.

Die Lautsprecheranlage im Dienste der Gefahrenwarnung, Elektro-Markt 1939, Nr. 35, S. 13—14.

Eine neue elektroakustische Werksanlage. Helios Lpz. **45** (1939), S. 1148.

Verstärkeranlagen in Kasernen. Schellhoss. Dtsch. Nachr.-Truppen **15** (1939), Nr. 9, S. 170—171.

Fortschrittliche Betriebslautsprecheranlagen. W. W. Diefenbach. Rdsch. dtsch. Techn. 1939, Nr. 1, S. 4.

Elastische und mechanische Eigenschaften der Konusse für Lautsprecher mit beweglicher Spule. Angelo Manfredi. Ric. Sci. **10** (1939), Nr. 5, S. 404—415.

Untersuchung von Lautsprechern. R. Vermeulen. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), Nr. 12, S. 371—380.

Zur Theorie der Kompression des Pegelbereiches beim Hören. J. Holtsmark. Norske Vid. Selsk., Forh. **11** (1939), S. 151—154.

12. Tonfilmtechnik

A sound-track projection microscope. G. M. Best. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), S. 198—202.

Nachsynchronisier- und Vorführapparatur für Nadelton-Schmalfilme aller Formate. K. Lindner. Funk 1939, Nr. 21, S. 536—539.

Spatial reproduction in broadcasting and sound films (streosound). M. Vysockij & V. Konoplev. J. techn. Phys. (russ.) **8** (1939), Nr. 5, S. 399—407.

Optische Systeme für Ton-Abtastung. E. R. Lehmann. Kinotechn. **21** (1939), Nr. 6, S. 147—150.

Der Schmaltonfilm in der Rundfunkpropaganda. B. Brunkhorst. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 9, S. 263—266.

Acoustic spectra obtained by diffraction of light from sound film. D. Brown. Phys. Soc., Proc. **51** (1939), S. 244—255, S. 549.

Beurteilungsgrundlagen für Schallaufzeichnungsverfahren. ISA 43, UK 3a. v. Braunmühl. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 69—73.

Latent image theory and its experimental application to motion picture sound-film emulsion. W. J. Albersheim. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 1, S. 73—104.

Some practical accessories for motion picture recording. R. O. Strock. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 2, S. 188—200.

Some production aspects of binaural recording for sound motion pictures. W. H. Offenhauser & J. J. Israel. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 2, S. 139—155.

A direct positive system of sound recording. G. L. Dimmick & A. C. Blancy. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), Nr. 5, S. 479—487.

Sound recording. Impressions of BBC methods and practice. Electr. Rev., Lond. **124** (1939), Nr. 3199, S. 385—386.

Zur Tonaufzeichnung mit ultraviolettem Licht. A. Narath. Photogr. Ind. **37** (1939), Nr. 4, S. 81—84.

Sound-level distribution recorder. H. Kahl. Bell Labor. Rec. **17** (1939), Nr. 8, S. 254—256.

Ein einfaches Gerät zur Tonaufzeichnung. K. de Boer & A. Th. van Urk. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), Nr. 4, S. 111—118.

Modern instantaneous recording and its reproduction. N. B. Neely & W. V. Stancil. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 5, S. 583.

Sound picture recording and reproducing characterstics. D. P. Loye & K. F. Morgan. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 6, S. 631—647.

Analysis and measurement of distortion in variable-density recording. J. G. Frayne & R. R. Scoville. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 6, S. 648 bis 673.

Sound recording development in Germany. H. L. Bohm. British Kinematogr. Soc., J. **2** (1939), Nr. 2, S. 106 110.

Tonfilmtechnik. F. Massarelli. L'Elettrotecnica **26** (1939), S. 44—49.

Tonaufzeichnung in Doppelzackenschrift auf 16 mm-Filme. A. Küster. Kinotechn. **21** (1939), Nr. 7, S. 167—172.

Further improvements in light-weight record reproducers, and theoretical considerations entering into their design. A. L. Williams. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), S. 203—223.

Sound reproduction on paper. Electrician, Lond. **122** (1939), Nr. 3179, S. 567. System Skvortsov.

Properties of lamps and optical systems for sound reproduction. F. E. Carlson. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), S. 80—96.

Inexpensive recording amplifier. H. Andrewes. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 24, S. 556—557.

Improved cinematograph sound-head. Electr. Rev., Lond. **124** (1939), Nr. 3208, S. 717.

Ein neues Material für Tonaufzeichnung in Zackenschrift. A. Küster. Kinotechn. **21** (1939), Nr. 5, S. 118—122.

Standardization of theater sound projection equipment characteristics. J. K. Hilliard. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. 6, S. 610—630.

Distortion in recording amplifiers. H. Andrewes. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 16, S. 362—364, Nr. 17, S. 399—400.

Normung der Tonspur beim 16 mm-Schmalfilm. A. Heine. Kinotechn. **21** (1939), Nr. 11, S. 247—248.

High frequency pre-emphasis. J. L. Hathaway. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 11, S. 29—33.

Neuzeitliche Verstärkereinrichtungen für das Tonfilm-Forschungslaboratorium. A. Narath u. K. H. K. Weber. Kinotechn. **21** (1939), Nr. 2, S. 33—38, Nr. 3, S. 67—72.

Material- und Arbeitsersparnis bei der Nachbearbeitung von Bildtonfilmen. J. Baltzer. Kinotechn. **21** (1939), Nr. 12, S. 265—268.

Ein abgekürztes Verfahren zur betriebsmäßigen Bestimmung des Donnereffektes. H. Orlich u. K. Röwer. Kinotechn. **21** (1939), Nr. 12, S. 263—265.

Effect of orientation of the scanning image on the quality of sound reproduced from variable-width records. D. Foster. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), Nr. 5, S. 502—516.

Ein neues Material für Tonaufzeichnung in Zackenschrift. A. Küster. Veröff. Wiss. Zentral Lab. Agfa **6** (1939), S. 76—85.

Tonaufzeichnung in Doppelzackenschrift auf 16 mm Filme. A. Küster. Veröff. Wiss. Zentral Lab. Agfa **6** (1939), S. 86—98.

Tonaufzeichnung auf Ogaphanfilm. H. Hörmann. Veröff. Wiss. Zentral Lab. Agfa **6** (1939), S. 99—107.

A new mobile film-recording system. B. Kreuzer & C. L. Lootens. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), Nr. 4, S. 382—393.

Tonfilmaufnahme-Technik. W. Vox. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 8, S. 249—252, Nr. 9, S. 281—284, Nr. 10, S. 313—316, Nr. 11, S. 345—348, Nr. 13, S. 411 bis 414, Nr. 15, S. 475—478, Nr. 16, S. 507—518, Nr. 17, S. 523—524, Nr. 18, S. 540—542, Nr. 19, S. 557—559, Nr. 20, S. 575—576, Nr. 23, S. 621—623, Nr. 24, S. 637—638.

Ein Wagen zur Tonaufnahme nach dem Philips-Miller System. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), Nr. 3, S. 78 bis 83.

A light-weight sound recording system. F. L. Hopper, E. C. Manderfeldt & R. R. Scoville. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), S. 449—457.

Odierni requisiti delle proiezioni cinematografiche sonore. F. Mauro. Ingegnere, Milano **13** (1939), S. 690 bis 695.

13. Magnettontechnik

Recording on steel tape. Equipment for reproducing dictation and telephone conversations. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 26, S. 611—612.

Das Magnetophon. R. Müller-Ernesti. Funk 1939, Nr. 13, S. 349—352. Funktechn. Mh. 1939, Nr. 5, S. 151—154.

Das Prinzip der Stahlbandaufnahme. Günther. Schweiz. Radio-Ztg. 1939, Nr. 15.

Magnetische Schallaufzeichnung. W. H. Hansen. Rundfk.-Gerät 1939, Nr. 24, S. 13—14.

14. Schallplattentechnik

Ein 12-Watt-Schallplatten-Schneideverstärker. W. Hummel. Funk **1939**, Nr. **14**, S. 368—370.

Disc-cutting problems. C. J. Lebel. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. **12**, S. 17—19.

Selbstbau eines vierpoligen Schallplattenschreibers. G. Ziegler. Funk **1939**, Nr. **9**, S. 237—238.

Ein lautstärkeabhängiges Nadelgeräuschfilter. H. Boucke. Funkschau **1939**, Nr. **16**, S. 125—127.

Tiefenanhebung und Höhenunterdrückung bei Schallplattenwiedergabe. H. Pitsch. Funk **1939**, Nr. **7**, S. 173—174.

Selbstaufnahme-Praxis. F. Kühne. Funkschau **12** (1939), Nr. **4**, S. 25—28.

Make your own records. L. M. Feiler. Radio News **21** (1939), Nr. **2**, S. 17—18.

Elektromagnetische Tonabnehmer. A. Pinciroli. Alta Frequ. **8** (1939), Nr. **10**, S. 637—657.

Schallaufnahmen im fahrenden Wagen. W. W. Diefenbach. Funkschau **12** (1939), Nr. 17, S. 129—130.

Ein Beitrag zur Theorie der Schallplatte: Der Abtastvorgang. R. Bierl. Akust. Z. **4** (1939), Nr. **4**, S. 238 bis 252.

Lateral disk recording for immediate play back with extended frequency and volume range. H. J. Hasbrouck. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. **3**, S. 184—187.

Die Anschaltung des Tonabnehmers. H. Sutaner. Funkschau **12** (1939), Nr. 4, S. 31—32.

Schallplatten-Schneidgerät. H. Sutaner. Funkschau **12** (1939), Nr. 4, S. 27.

Über die Tiefenanhebung bei der Schallplattenwiedergabe. H. Boucke. Funkschau **12** (1939), Nr. 4, S. 29 bis 30.

Improving the fidelity of disk records for direct playback. H. J. Hasbrouck. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **32** (1939), Nr. **3**, S. 246—252.

BBC recordings service. Electrician, Lond. **122** (1939), Nr. 3171, S. 303—304.

Schaltungen für Schallplattenwiedergabe. H. Pitsch. Funk **1939**, Nr. **21**, S. 531—534.

Neuzeitliche Plattenspieler. W. Diefenbach. Rundfk.-Ger. **1939**, Nr. **20/21**, S. 7—9.

Electric gramophone. High quality reproduction and new ideas in outward form. M. G. Scroggie. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. **19**, S. 432—436.

The audograph, a recording machine of new design. Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 10, S. 60—61.

Gramophone record scratch (Minimizing surface noise in reproduction). Scroggie. Wireless Wld. **45** (1939), Nr. 1048—1049.

Neuerungen für Schallplattenaufnahme und -wiedergabe. Rundfk.-Ger. **1939**, Nr. **16**, S. 7—9.

Neue Schallplattenaufnahmegeräte. W. W. Diefenbach. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 14, S. 441 bis 448.

Die mechanische Lautaufzeichnung. Wirtsch. Techn., Verk. **1939**, Nr. **11**, S. **13**.

Verbesserungen der Schallplattenwiedergabe. R. Müller-Ernesti. Funktechn. Vorwärts **9** (1939), Nr. 16, S. 489—492.

Les techniques diverses de l'enregistrement du son et leurs applications à la radiodiffusion. M. Adam. Rev. gén. Électr. **46** (1939), Nr. **7**, S. 195—200.

Modern instantaneous recording and its reproduction. N. B. Neely & W. V. Stancil. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **33** (1939), Nr. 5, S. 547—550.

Some brief experiments on the „Almite" gramophone record. A. Miyata. Jap. J. Phys. Transact. and Abstr. **13** (1939), S. 3.

Ein Vorschlag zum photographischen Aufzeichnen von Tönen aus dem Jahre 1880. C. Forch. Photogr. Ind. (1939), Nr. **39**, S. 1055.

15. Akustik in der Wehrtechnik

Zur Deutung der Knallwellenausbreitung an der Trennschicht zweier Medien. G. Joos & J. Teltow. Phys. Z. **40** (1939), Nr. 8, S. 289—293.

Velocity of sound in air. W. H. Pielemeier. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 4, S. 313—317.

Physics of flames and explosions of gases. B. Lewis & G. von Elbe. J. appl. Phys. **10** (1939), Nr. 6, S. 344 bis 359.

On the transition of the combustion of explosives into detonation. J. B. Chariton & B. M. Stepanov. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS **23** (1939), Nr. 6, S. 527 bis 529.

On the theory of the development of detonation in gases. K. J. Shtsholkin. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS **23** (1939), Nr. 7, S. 636—640.

On the transmission of detonation from gases to explosives. J. B. Chariton & E. V. Rdultovskaja. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS **23** (1939), Nr. 6, S. 530 bis 531.

Ein Versuchsfeld für Explosionsschutz. Wissen u. Fortschr. **13** (1939), Nr. 1, S. 24—31.

Fehlermöglichkeiten bei Richtungshören infolge Krümmung der Schallstrahlen in der Atmosphäre. R. Sänger. Flugwehr u. -techn. **1** (1939), S. 188—190.

Action of gas explosion on solid explosives. K. K. Andreev & V. P. Maslov. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS **25** (1939), Nr. 3, S. 195—197.

Liberation of toxis gases in the explosion of industrial explosives. K. K. Andreev & M. M. Purkaln. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS **25** (1939), Nr. 5, S. 394 bis 399.

Sound and pressure waves in detonation. C. E. Grinstead. J. Aeronaut. Sci. **6** (1939), S. 412—417.

L'audibilité des sirènes en présence des bruits de rue. P. Baron. Génie civ. **114** (1939), Nr. 24, S. 516—517. C. R. Acad. Sci., Paris **208** (1939), S. 1714—1715.

16. Echolotung

Wireless altimeter. „Echo sounding" for aircraft. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 5, S. 100—102.

Improvements and experience in radio soundings. H. Diamond, V. S. Himman jr., A. H. Mears & C. Harmantas. J. Aeron. Sci. **6** (1939), S. 379—373.

17. Lärm- und Erschütterungsabwehr

Über Resonanzschwingungen in den Ansaug- und Auspuffleitungen von Reihenmotoren. O. Lutz. Luftf.-Forschg. **16** (1939), S. 384—390.

The transmission of sound inside pipes. P. M. Morse. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 2, S. 205—210.

Lärmbekämpfung. A. Hasse. Zbl. Gew.-Hyg., N. F. **16** (1939), S. 29—30, 161—164.

Lärmbekämpfung. Eine hygienische und wirtschaftliche Forderung. A. Hasse. Gesundh.-Ing. **62** (1939), Nr. 12, S. 165—169.

Lärmbekämpfung in gewerblichen Betrieben. A. Hasse. Masch.-Bau Betrieb **18** (1939), Nr. 9/10, S. 245—246.

Schallbekämpfung in Betrieben. E. Lübcke. Werkstattstechnik **33** (1939), Nr. 10, S. 253 bis 260.

Der Lärm ein Feind von Mensch und Maschine. Wissen. u. Fortschr. **13** (1939), Nr. 5, S. 360—363.

Kampf dem Lärm im Bergbau. Thiel. Rdsch. dtsch. Techn. **19** (1939), Nr. 47, S. 3.

The prediction of noise levels from mechanical equipment. J. S. Parkinson. Heat & Ventil. **36** (1939), S. 23—26.

Lärmbekämpfung in Industriebauten. Elektrotechn. Anz. **56** (1939), S. 374—375.

Kampf dem Lärm. E. Kurrer. RKW-Nachr. **13** (1929), S. 101—105.

Geräuschbekämpfung am mechanischen Webstuhl. H. Mahls. Z. VDI **83** (1939), Nr. 19, S. 605—606.

Geräuschmessungen an Webstühlen. H. Kösters. Zbl. Gew.-Hyg., N. F. **16** (1939), S. 30—33.

Anti-vibration support for sensitive portable galvanometers. W. S. Gorton. Bell Labor. Rec. **17** (1939), Nr. 6, S. 195—197.

Schwingungsdämpfung an Karosserien. Rdsch. dtsch. Techn. **19** (1939), Nr. 14, S. 4.

Acoustical analysis of the pressure waves accompanying detonation in the internal-combustion engine. C. S. Draper & P. Morse. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 259.

Untersuchungen über Schwingungen an Eisenbahnfahrzeugen. H. Nordmann. Z. VDI **83** (1939), Nr. 6. S. 157—160.

Maschinengründungen mit Pendelfederung. Z. VDI **83** (1939), Nr. 6, S. 156.

Heutige Technik der Schlingerdämpfung von Schiffen. H. Dickmann. Dtsch. Techn. **7** (1939), Nr. 5, S. 231 bis 233.

Experiments in noise reduction in ships. R. S. Robinson. Mech. Engng. **61** (1939), S. 35.

Schwingungen von Kondensatorrohren. H. Melan. Z. VDI **83** (1939), Nr. 20, S. 621—622.

Noise measurement and analysis in relation to motor vehicles. G. W. C. Kaye & R. S. Dadson. J. Instn. Automobile Engr. **7** (1939), S. 12—57.

Transformer noise. A quantitative survey of the noise characteristics of large transformers. J. S. Forest. Beama J. **44** (1939), S. 51—54.

The lateral oscillation of railway vehicles. R. D. Davies. J. Instn. civ. Engrs. 1939, Nr. 5, S. 224—261. Engng. **147** (1939), S. 261—262.

Sound measurements in industry. E. J. Abbott. J. appl. Phys. **10** (1939), Nr. 8, S. 526—531.

Ear defenders; protection against noise. V. O. Knudsen. National Safety News **38** (1939), S. 32.

Arbeiten des Ausschusses für Lärmbekämpfung in gewerblichen Betrieben. H. Kösters. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 5, S. 352.

Hardinge electric ear, for operation grinding mills by their sound. Engng. Min. J. **140** (1939), S. 84.

Sound control in blasting. F. R. Cozzens. Engng. News Rec. 1939, S. 122—401.

Noise detection; methods of tracing sounds in engines and other mechanisms. Automobile Engr. **29** (1939), S. 12.

Noise prevention in telephone circuits. R. A. Shetzline. Teleph. Engr. **43** (1939), Nr. 1, S. 93—94.

New methods and apparatus for the measurement of industrial noises. J. techn. Phys. (russ.) **8** (1939), Nr. 3, S. 243—251.

Luft- und Trittschalldämmung. Meßverfahren und Geräte. W. Bausch. Arch. techn. Messen 1939, Lfg. 99, S. T 117—T 118.

Room noise at telephone locations. D. F. Seacord. Electr. Engng. **58** (1939), Nr. 6, S. 255—257. Bell Labor. Rec. **17** (1939), Nr. 10, S. 306—308.

Noise and vibration isolation. H. A. Leedy. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 164.

Lärmminderung feinmechanischer Getriebe. R. Berger. Feinmech. u. Präz. **47** (1939), Nr. 10, S. 143 bis 146, Nr. 12, S. 163—168, Nr. 15, S. 205—208.

Störungen durch Vibrationen. P. Davey. Electro-J. 1939, S. 105—109.

Torsional vibration damper. Engng. **147** (1939), S. 558 bis 560.

La mesure objective du bruit. Les causes électriques du bruit des machines. E. Bérard. Bull. Soc. franç. Electr. (5) **9** (1939), Nr. 104, S. 676—714.

Noise and noise measurement. A bibliography. D. Silvermann. Electronics, N. Y **12** (1939), Nr. 2, S. 34.

The new sound measurement building at Witton, with special reference to the measurement of noise in electrical machinery. H. Jacoby. G. E. C. Journ. 10 (1939), Nr. 2, S. 106—111.

Meßanlagen für das Verhalten eines Schiffes im Seegang auf dem KDF-Schiff „Robert Ley". Masch.-Markt. 1939, Nr. 51, S. 9—10, Nr. 53, S. 16—17.

The loudness of continuous spectrum noise and its application to loudness measurements. F. H. Brittain. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 113—117.

Empfindlichkeit und Frequenzcharakteristiken eines neuen elektrodynamischen Erschütterungsmessers. H. Martin. Phys. Z. **40** (1939), Nr. 18, S. 577—582.

Ein neuer Erschütterungsmesser und die Aufzeichnung nichtsinusförmiger Bewegungen. H. Martin. Z. Geophys. **15** (1939), S. 24—30.

Über die Isolierung von Maschinen gegen Erschütterungen. J. Geiger. Wärme- u. Kältetechn. **41** (1939), Nr. 13, S. 8—20.

Estimation of aeroplane noise level. Some empirical laws with an account of the present experiments on which they are based. A. W. Morley. Aircraft Engng. 11 (1939), S. 187—189.

Über Resonanzschwingungen in den Ansaug- und Auspuffleitungen von Reihenmotoren. I. O. Lutz. Luftf.-Forschg. **16** (1939), S. 139—147.

Celotex products are utilized to sound-proof the periosphere. Refrigerating Engn. **37** (1939), S. 264.

Eliminating wind thresh; use of rubber in automobiles. Autom. Engr. **29** (1939), S. 98—100.

Acoustic properties of mud bricks. F. H. Constable & M. K. Mahas. Nature, Lond. **144** (1939), Nr. 3635, S. 33.

18. Medizinische und physiologische Akustik (Gehör)

Ohms akustisches Grundgesetz und die neueren Anschauungen über die Klanganalyse durch das Ohr. F. Trendelenburg. ETZ **60** (1939), Nr. 15, S. 449—452.

Die Klanganalyse im menschlichen Ohr vom Standpunkt verschiedener Hörtheorien. R. Hildebrandt. Funk 1939, Nr. 3, S. 67—69.

Über die piezoelektrische Messung der absoluten Hörschwellen bei Knochenleitung. G. v. Békésy. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 2, S. 113—125.

A study of the pure cochlear microphonic in the cat. A. F. Rawdon-Smith, J. E. Harkins & M. H. Lurie. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 255.

The case for, and some implications of the place theory of hearing. L. A. Jeffress. Psychological Rev. **46** (1939), S. 31—45.

The mechanism of hearing by electrical stimulation. S. S. Stevens & R. C. Jones. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 4, S. 261—269.

Über die Vibrationsempfindung. G. v. Békésy. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 5, S. 316—334.

Characteristics and distribution of deadness in the population of the United States. W. C. Beasley. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 166—167.

Quantitative Hörfähigkeitsprüfungen an Schülern. P. Eichler. Unterrichtsbl. Math. Naturwiss. **45** (1939), Nr. 3, S. 99—103.

Improved hearing aid. Differential microphone, dry-battery l. t. supply. T. S. Littler. Wireless Wld. **44** (1939), Nr. 3, S. 51—53.

Electrical methods of assisting defective hearing — a new system for cinemas. Electrician, Lond. **122** (1939), Nr. 3173, S. 373—374.

Die Erregung der Basilarmembran durch Schallschwingungen. J. Holtsmark. Norske Vid. Selsk., Forh. **11** (1939), S. 117—180, 205—208.

Die Verteilung der Frequenzen auf der Basilarmembran. J. Holtsmark. Norske Vid. Selsk., Forh. **11** (1939), S. 221—224, 225—228.

Die Breite einer monofrequenten Erregung der Basilarmembran. J. Holtsmark. Norske Vid. Selsk., Forh. **11** (1939), S. 209—212.

Über die Empfindlichkeit des stehenden und sitzenden Menschen gegen sinusförmige Erschütterungen. G. v. Békésy. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 6, S. 360—369.

Resonance in the external auditory meatus. N. Fleming. Nature, Lond. **143** (1939), Nr. 3624, S. 642—643.

Microphonic potentials from the untricle. R. J. Pumphrey. Nature, Lond. **143** (1939), Nr. 3630, S. 898 bis 899.

Analysis of world's fairs' hearing tests. H. C. Montgomery. Bell Labor. Rec. **18** (1939), Nr. 4, S. 98 bis 103.

Über die Abhängigkeit der Lautstärke des subjektiven Differenztones von der Frequenz der Primärtöne. W. Kuhl. Akust. Z. **4** (1939), Nr. 1, S. 43—50.

The computation of the composite noise resulting from random variable sources. E. Dietze & W. D. Goodale Bell. Syst. techn. J. **18** (1939), Nr. 4, S. 605 bis 623.

Zur Theorie der Verdeckung eines reinen Tons durch ein Geräusch. J. Holtsmark. Norske Vid. Selsk., Forh. **11** (1939), S. 213—216.

Eine Anlage für einen Schwerhörigen. K. de Boer u. R. Vermeulen. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), Nr. 11, S. 329.

The relation of pitch to the duration of a tone. S. S. Stevens & A. G. Ekdahl. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 255.

The 710 A bone-conduction receiver. M. S. Hawley. Bell Labor. Rec. **18** (1939), Nr. 1, S. 12—14.

An investigation of auditory fatigue, especially as applied to the determination of subjective harmonics. R. A. Nichols & F. A. Firestone. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 255.

On the auditory significance of the term hearing loss. J. C. Steinberg & M. B. Gardner. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 255.

Über die psychophysischen Grundlagen der Ton- und der Farbenharmonie. H. Weber. Forsch. u. Fortschr. **15** (1939), Nr. 19, S. 248—250.

Theories of vision and hearing. H. Hartridge. Nature, Lond. **144** (1939), S. 3637, Nr. 94—95.

19. Sprache

Reversed speech. E. W. Kellogg. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 260, Nr. 4, S. 324—326.

Masking and the perception of a series of successively prominent partials in a vocal sound. Don Lewis & W. H. Lichte. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 255—256.

La variazioni individuali dei suoni del linguaggio e metodi dell'elettroacustica per dimonstrali. Fr. A. Gemelli. Elettrotecnica **26** (1939), S. 18.

The stability of the vowel. J. W. Black. Quarterly J. of Speech **25**, Febr. 1939.

The effect of the consonant on the vowel. J. W. Black. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 203—205.

Exploration of pressure field around the human head during speech. H. K. Dunn & D. W. Farnsworth. J. Acous. Soc. Am. **10** (1939), Nr. 3, S. 184—199.

A synthetic speaker (Voder). H. Dudley, R. R. Riess & S. S. A. Watkins. J. Franklin Inst. **227** (1939), Nr. 6, S. 739—764.

The vogad and other voice-operated devices. Wireless Wld. **45** (1939), Nr. 3, S. 53—55.

Machine talks and sings in human voice sounds. Telephony **116** (1939), Nr. 1, S. 22—24.

Pedro the voder. A machine that talks. Bell Labor. Rec. **17** (1939), Nr. 6, S. 170—171.

First machine to create the human voice developed by Bell Laboratories. Telegr. Age 1939, Nr. 2, S. 30, 36.

Synthetic speech (Voder). Electronics, N. Y. **12** (1939), Nr. 2, S. 195.

Le „Voder", la machine qui parle. Ind. franç. Radioélectr. 1939, Nr. 145, S. 17.

The Voder. Electrician, Lond. **123** (1939), Nr. 3195, S. 214—215.

A vogad for radiotelephone circuits. S. B. Wright, S. Doba & A. C. Dickieson. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. **27** (1939), Nr. 4, S. 254—257.

Remaking speech. H. Dudley. J. Acous. Soc. Am. **11** (1939), Nr. 1, S. 165, Nr. 2, S. 169—177.